

POLITECNICO DI TORINO

IV Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA GESTIONALE

Tesi di laurea magistrale



Implementazione del sistema MES (Manufacturing Execution System) nella divisione "Exhaust System" della Cornaglia Spa

Anno: 2019/2020

**Tutore Accademico:
Prof. Paolo Chiabert**

**Candidato:
Roberto Gilli**

Indice

INTRODUZIONE.....	5
1. CORNAGLIA GROUP.....	6
1.1 LA STORIA DEL GRUPPO.....	6
1.2 LA STRUTTURA.....	7
1.3 I RISULTATI.....	9
2. BU EXHAUST SYSTEM COR-TUBI.....	10
2.1 LE TECNOLOGIE UTILIZZATE.....	10
3. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM.....	12
3.1 LE ORIGINI E IL SUO SVILUPPO.....	12
3.2 FUNZIONALITA' E OBIETTIVI.....	14
3.3 VANTAGGI E SVANTAGGI.....	16
3.4 L'EVOLUZIONE IN SISTEMA MOM.....	18
4. IL PROGETTO MES IN CORNAGLIA.....	21
4.1 PROGRAMMAZIONE E MONITORAGGIO DELLA PRODUZIONE PRIMA DEL MES.....	22
4.1.1 GESTIONE ORDINI CLIENTI E RILASCIO ORDINI DI LAVORO (ODL).....	23
4.1.2 CLUSTER TECNOLOGICI E CENTRI DI LAVORO.....	24
4.1.3 PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE.....	25
4.1.4 MONITORAGGIO DEL PROCESSO PRODUTTIVO.....	27
4.1.5 KPI UTILIZZATI NEL MONITORAGGIO.....	30
4.1.6 DIFFICOLTA' E PROBLEMATICHE CON L'ATTUALE SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	32

4.2 SVILUPPO DEL PROGETTO MES NELLA DIVISIONE CORTUBI.....	34
4.2.1 DESCRIZIONE DELLA “LINEA PILOTA”.....	34
4.2.2 ANALISI DEL PROCESSO PRODUTTIVO E RACCOLTA DEI SEGNALI.....	37
4.2.3 LE PROCEDURE DI RACCOLTA DATI.....	40
4.2.4 IL FLUSSO DI INFORMAZIONI FRA IL MES E IL SISTEMA INFORMATIVO AZIENDALE.....	41
4.2.5 LA CONFIGURAZIONE DELLA “LINEA PILOTA”.....	44
4.2.6 LA FORMAZIONE DEL PERSONALE.....	47
4.2.7 IL FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA MES SULLA “LINEA PILOTA”.....	48
4.2.8 REPORTISTICA E DASHBOARD.....	50
4.2.9 L’ESPANSIONE DEL PROGETTO SULLE ALTRE LINEE.....	54
4.2.10 VANTAGGI E SVANTAGGI DEL SISTEMA COMPASS.....	56
4.3 RISULTATI OTTENUTI.....	58
CONCLUSIONI.....	60

*Alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto e
mi ha dato la possibilità di raggiungere questo
importantissimo traguardo.*

*A mia moglie Elisa che mi è sempre stata vicino
soprattutto nei momenti di difficoltà.*

Introduzione

Il presente elaborato si basa sul progetto di implementazione di un sistema di gestione e monitoraggio dati della produzione, comunemente chiamato MES (Manufacturing Execution System), sviluppato presso il Gruppo Cornaglia, leader nel settore Automotive, all'interno del quale lavoro da più di quattro anni come Process Engineer. La Cornaglia Spa, come tante multinazionali operanti in diversi settori industriali, negli ultimi anni ha sentito la necessità di automatizzare il suo attuale sistema di produzione per essere più flessibile e reattiva di fronte ai continui cambiamenti del mercato.

In un contesto economico sempre più competitivo e globalizzato, le aziende manifatturiere sono infatti sottoposte ad una forte pressione e devono essere sempre più in grado di reagire tempestivamente agli eventi che possono verificarsi durante il ciclo produttivo, ma allo stesso tempo garantire elevata flessibilità, un'ampia gamma di prodotti e tempi di consegna rapidi.

La quarta rivoluzione industriale identifica una nuova era in cui le industrie, spinte dalla necessità di competere in un mercato divenuto globale, trovano nell'innovazione tecnologica la risposta per rimanere efficienti, migliorare organizzazione e qualità del lavoro e ridurre i costi di produzione.

Oggi più che mai, il raggiungimento dell'eccellenza nella produzione dipende dalla razionalizzazione delle operazioni all'interno dell'impianto produttivo, come in tutta la catena di approvvigionamento. In tale contesto, non è semplice mantenere elevata la qualità dei prodotti, del processo e al tempo stesso la redditività. Ed è proprio per ovviare a questo problema che le aziende fanno sempre più ricorso ad un sistema MES (Manufacturing Execution System).

Prima dell'arrivo dei computer, i sistemi MES erano semplici grafici realizzati a mano che rappresentavano i livelli di inventario delle materie prime e dei prodotti finiti. Oggi, grazie ai software, i sistemi presenti all'interno delle industrie manifatturiere seguono tutto il processo produttivo, dall'approvvigionamento delle materie prime fino al prodotto finito, forniscono inoltre ai manager tutte le informazioni di cui necessitano per ottimizzare e migliorare lo stesso processo rendendo disponibili loro dati e analisi in precedenza irraggiungibili con l'utilizzo dei metodi tradizionali.

Il progetto sviluppato da me e dai miei colleghi all'interno della Business Unit "Exhaust COR-TUBI", divisione che si occupa di fornire sistemi di scarico per applicazioni Agricolture e Construction ad importanti clienti a livello mondiale, fa parte di un progetto molto più ampio che la Cornaglia Spa sta portando avanti in tutti gli stabilimenti del Gruppo con l'obiettivo di avere una copertura globale entro la fine del 2020.

1. CORNAGLIA GROUP



Figura 1: Logo del Gruppo Cornaglia

La Cornaglia Group è un'azienda italiana operante come fornitore di sistemi di aspirazione e scarico per i settori Automotive, Trucks e Off-road con sede centrale a Beinasco, nella città metropolitana di Torino. Fondata nel 1916, è presente in Italia e all'estero con diverse sedi commerciali e produttive.

La ricerca e l'innovazione sono alla base del metodo di lavoro dell'azienda, leader in Italia e tra le prime in Europa nel suo settore. Il suo approccio operativo le ha permesso di ottenere 45 brevetti negli ultimi 10 anni.

Con oltre 1000 dipendenti e un fatturato superiore ai 200 milioni di euro, il Gruppo Cornaglia si avvale di una vasta rete produttiva dislocata in otto stabilimenti italiani e tre esteri. Il Gruppo Cornaglia può inoltre vantare importanti partnership e uffici di rappresentanza nei Paesi più importanti del mondo.

1.1. La storia del Gruppo

Il gruppo Cornaglia viene fondato nel 1916 con il nome Officine Metallurgiche Giletta a Torino. Alcuni anni dopo uno dei soci, il Cavalier Giuseppe Cornaglia, rileva tutte le quote e cambia il nome dell'azienda in Officine Metallurgiche G. Cornaglia.

Durante il boom economico crescono i consumi e il benessere, e cresce anche la Cornaglia. Nel 1961 viene costruito lo stabilimento di Beinasco e nel 1967 nasce la Cortubi, divisione produttrice di sistemi di scarico per auto e autocarri, riflettendo l'esigenza di diversificazione dell'azienda. Sempre in questo decennio il Gruppo inizia a guardare al mercato estero.

Nel 1975 nasce la Alcom, azienda produttrice di silenziatori per autocarri, trattori e altri mezzi pesanti, permettendo l'acquisizione di clienti al di fuori del settore auto. Quest'ultima verrà successivamente inglobata nella divisione Cortubi. Pochi anni dopo, nel 1978, con la fondazione del Centro Ricerche, la Cornaglia dimostra una visione improntata allo sviluppo di processi produttivi integrati e alle tecnologie più avanzate.

La crisi dell'auto impone però nuovi tentativi di diversificazione. Una svolta decisiva per la Cornaglia è l'ingresso nel settore della plastica; parallelamente l'azienda entra anche nell'ambito dell'After Market, con una linea completa di frizioni per auto orientata all'export.

A cavallo tra gli anni '90 e 2000 sorgono le prime unità estere del gruppo. Nel 1998 nasce la divisione polacca di stampaggio lamiera, mentre nel 2000 è la volta della Romania dove Cornaglia diventa uno dei principali fornitori di silenziatori di scarico per il cliente Dacia. Nel 2007 il gruppo approda in India: grazie alla joint venture con la Lumax si rafforza ulteriormente la produzione nell'ambito della plastica. Tra il 2010 e il 2015 la Cornaglia inizia ad operare nell'ordine in Turchia, Canada con la ABC e Brasile con NGC.

Negli ultimi anni la Cornaglia continua il suo processo di crescita italiana ed estera, sempre pronta a cogliere le opportunità che si presentano nel mercato.

1.2 La Struttura



Figura 2: Nella figura sono rappresentate le Divisioni del Gruppo Cornaglia

Il Gruppo è strutturato in cinque divisioni fortemente specializzate nel prodotto e nella tecnologia utilizzata. Di seguito una breve descrizione di ognuna di esse:

- **R&D:** Il Centro Ricerche, riconosciuto dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, è una struttura moderna che si estende su di una superficie di 5.000 mq nel quale operano circa 50 persone altamente specializzate, impiegate nella ricerca e sviluppo, nella realizzazione di prototipi e nella verifica sperimentale.

Il processo di sviluppo prodotto Cornaglia è certificato ISO-TS e include: analisi delle esigenze del cliente, progettazione del sistema e verifica preliminare con l'ausilio di strumenti CAE (Computer-Aided Engineering), produzione di prototipi in-House e validazione del sistema mediante prove su motore e test di laboratorio. L'intero processo è gestito con metodologia APQP, strumento atto ad assicurare che siano soddisfatte le esigenze dei clienti automotive. Cornaglia collabora con le principali Università tecniche e Istituti di ricerca italiani ed europei. Partnership consolidate con fornitori selezionati

permettono di avere accesso alle più avanzate innovazioni di prodotto e soluzioni, prima ancora che raggiungano il mercato;

- La Business Unit **METAL** è in grado di stampare particolari di medio/grandi dimensioni in diversi tipi di materiali quali lamiera, lamiera alto resistenziale, inox e alluminio. Le principali tecnologie utilizzate sono: stampaggio a freddo con presse medio-alto tonnellaggio per stampi progressivi, transfert o con robot interpresse, laser 3D a 5 assi con tecnologia CO2 e fibra ultima generazione con elevata velocità e risparmio di energia, impianto di trattamento superficiale di cataforesi e verniciatura a polvere e robot di saldatura;
- La Business Unit **PLASTIC** dispone delle principali tecnologie per la trasformazione dei materiali termoplastici. Con lo stampaggio a iniezione è in grado di produrre particolari di medio/grandi dimensioni, utilizzando tutti le tipologie di polimeri. Il soffiaggio consente la produzione di particolari in polietilene e polipropilene, come snorkel per autocarri, serbatoi carburante e condotti aspirazione aria. Il soffiaggio 3D bimatereale consente la produzione di tubazioni con forme complesse e con l'utilizzo contemporaneo di diversi materiali. La tecnologia dello stampaggio rotazionale consente la fabbricazione di particolari complessi e di grandi dimensioni quali tetti cabina, serbatoi, parafanghi e componenti di interno abitacolo, principalmente per il mercato dei veicoli industriali e delle macchine agricole e movimento terra. Per quanto riguarda l'assemblaggio, i particolari prodotti possono essere saldati con le più diverse tecnologie (lama calda, ultrasuoni, vibrazione, rotofrizione) e lavorati su isole robotizzate di finitura e di assemblaggio;
- La Business Unit **FILTRATION** ha come obiettivo il miglioramento dei suoi prodotti, con il supporto tecnico del nostro centro di Ricerca& Sviluppo. Svolge un'attività complementare a quella di altri stabilimenti del Gruppo. Nel Centro Ricerca i prodotti vengono progettati secondo le specifiche esigenze del cliente e molti di questi sono coperti da brevetto. In questo settore di mercato si lavora alla progettazione di componenti che anticipino di tre o quattro anni la costruzione della vettura alla quale sono destinati;
- La Business Unit **EXHAUST** Sistemi Scarico è completamente verticalizzata, partendo dalla lamiera in nastri e dal tubo in acciaio e arrivando al sistema di scarico completamente assemblato. Sono presenti reparti di lavorazione del tubo, reparti di assemblaggio dei componenti interni dei silenziatori mediante saldatura robotizzata, reparti con macchine automatiche e con controllo dimensionale al 100% per il canning di catalizzatori ceramici, reparti di formazione di corpi silenziatori completi mediante calandratura, saldatura TIG e MAG, graffatura o spinning. Una descrizione più dettagliata sarà fornita nei capitoli successivi, in quanto questa sarà la Divisione interessata dal progetto MES oggetto di questo elaborato.

1.3 I Risultati

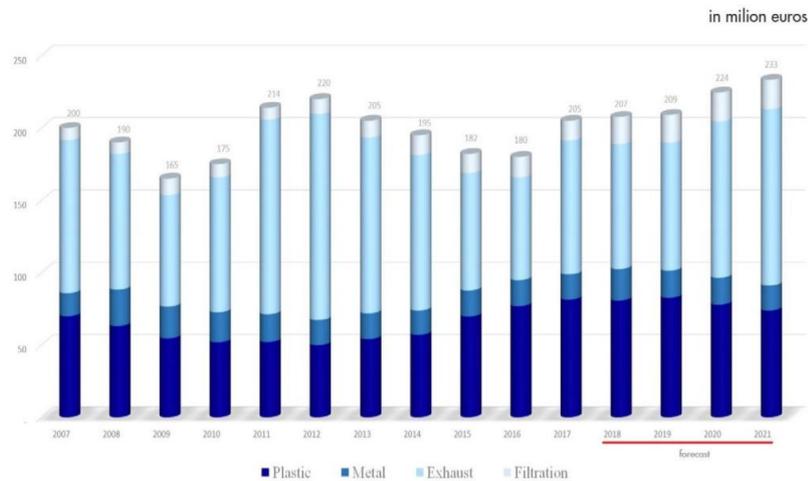


Figura 3: L'immagine rappresenta l'andamento del fatturato del Gruppo Cornaglia suddiviso per ogni Divisione

Il Gruppo Cornaglia nel corso degli ultimi cento anni è diventato leader in tutto il Mondo per la realizzazione di prodotti complessi ad elevato contenuto tecnologico. Come si può vedere dall'immagine soprastante, superati gli anni della crisi economica, si nota un trend di crescita positivo del fatturato di Gruppo che, secondo le previsioni, dovrebbe arrivare a toccare il tetto dei 250 milioni di euro nel 2020.

Questa crescita è spiegata soprattutto dall'acquisizione di importanti commesse per nuovi clienti internazionali per quanto riguarda la Divisione Exhaust.

Questo recente balzo in avanti dei ricavi ha comportato un netto miglioramento della redditività e della capitalizzazione aziendale, portando il patrimonio netto a superare i 50 milioni di euro.

A conferma di quanto detto, nel 2018 il Gruppo Cornaglia aderisce al progetto Elite di Borsa Italiana, la piattaforma internazionale di servizi creata per supportare le imprese nella realizzazione dei loro progetti di crescita attraverso l'accesso al mercato dei capitali e a strumenti di finanza alternativa.

In questo modo le necessità di investimenti a medio-lungo termine vengono soddisfatte, assicurando l'implementazione dei piani di sviluppo aziendali.

Per quanto riguarda gli obiettivi futuri, coerentemente con le tendenze del mercato industriale, la Cornaglia ha deciso di puntare sulla sostenibilità ambientale annunciando l'apertura di due centri di ricerca sui sistemi di scarico dei motori a combustione alternativa come metano da economia circolare, un gas prodotto dagli scarti agricoli.

2. BU EXHAUST SYSTEM COR-TUBI

La Business Unit EXHAUST COR-TUBI è la Divisione del Gruppo Cornaglia che si occupa dell'assemblaggio dei sistemi di scarico per applicazioni off-road; completamente verticalizzata, parte dalla lamiera in nastri e dal tubo in acciaio fino a giungere al sistema di scarico completamente assemblato.

Nel corso degli anni l'azienda ha deciso di puntare quasi esclusivamente sul settore off-road perché, grazie al numero ancora limitato di competitors, ha saputo sfruttare l'esperienza maturata e mantenere un vantaggio competitivo di mercato. La forte integrazione verticale ha permesso inoltre di ridurre i costi di transizione e allo stesso tempo sviluppare un apprendimento reciproco ed economie di scopo.

Da diversi anni la Divisione ha puntato sulla linea strategica della Lean Manufacturing. Facendo parte del programma WCM (World Class Manufacturing), punta a migliorare in maniera costante l'organizzazione produttiva in ottica KAIZEN, ossia eliminando gli sprechi e aumentando il valore aggiunto percepito dal cliente.

Negli ultimi anni la divisione ha affrontato un'importante sfida riguardante il prodotto offerto: il passaggio della normativa STAGE IV allo STAGE V. Quest'ultima nasce dall'idea che i macchinari agricoli e industriali debbano rispettare maggiormente l'ambiente su due fronti: riduzione dei consumi e limitazione dell'impatto ambientale in termini di emissioni di gas di scarico. Questo ha avuto un impatto notevole sul sistema di scarico, aumentandone la complessità sia a livello costruttivo che a livello di rintracciabilità. Nonostante ciò, Cornaglia Spa è riuscita nello strepitoso risultato di mantenere intatta la sua gamma di prodotti anche in applicazione della normativa STAGE V e soprattutto, sfruttando il suo vantaggio competitivo, è riuscita ad aggiudicarsi importanti commesse per la fornitura di sistemi scarico per il terzo gruppo al mondo costruttore di macchine agricole.

2.1 Le Tecnologie utilizzate

Uno dei punti di forza della Divisione è la sua forte integrazione verticale, basti pensare che più del 50% dei componenti costituenti il modulo di un ATS viene prodotta internamente.

Lo stabilimento produttivo di Cor-Tubi è suddiviso per reparti, ogni reparto a sua volta può essere formato da isole di lavorazione singole o da linee di assemblaggio.

La suddivisione dei reparti è la seguente:

- **CANNING:** reparto in cui viene formata la parte catalitica del sistema. Questo reparto è formato da linee di assemblaggio semiautomatiche che si occupano di inserire la ceramica avvolta da un materassino all'interno di un involucro metallico. Prima di essere inserita la ceramica viene misurata e il materassino viene pesato in modo che la macchina possa allargare l'involucro metallico in accordo ai dati ricevuti. Una volta inserita la ceramica vengono eseguite deformazioni geometriche a seconda delle applicazioni e successivamente viene inciso, mediante laser, il codice per la rintracciabilità;

- **TUBI:** in questo reparto viene prodotta la componentistica del sistema ATS, ricavata da tubo, che verrà poi utilizzata sulle linee di assemblaggio. E' un reparto fortemente verticalizzato in quanto si riceve la materia prima sottoforma di fasci sui quali viene eseguita una prima operazione di spezzatura su troncatrici automatiche. Gli spezzoni generati vengono portati sulle diverse macchine curvatubi automatiche che si occupano di piegare i tubi alle diverse quote richieste. Successivamente sui semilavorati vengono eseguite diverse deformazioni geometriche come per esempio perforazioni, allargature, forature in modo da portare il componente al suo stadio finale per poter essere poi montato sulle linee di assemblaggio;
- **STAMPAGGIO:** il reparto è costituito principalmente da presse idrauliche di medio-alto tonnellaggio dove vengono stampati alcuni dei componenti costituenti il sistema di scarico;
- **ASSEMBLAGGIO:** il reparto è suddiviso per linee di prodotto e per cliente. All'interno del reparto confluiscono, con diverse logiche di approvvigionamento, i componenti costituenti il sistema di scarico per poter essere assemblati e avere come output il sistema completo. Le linee sono progettate con la logica *one piece flow* in modo da eliminare il semilavorato. Ad ogni stazione l'operatore assembla i componenti dedicati alla sua operazione e una volta terminato manda avanti il semilavorato che verrà preso in carico dall'operatore della stazione successiva fino ad arrivare al completamento finale. Le principali attività svolte in ogni postazione sono: saldatura componenti su isole di saldatura robotizzate a doppia stazione dove vengono montate le attrezzature necessarie alla saldatura dei vari componenti; operazioni di piantaggio sottogruppi mediante presse orizzontali o verticali; test di certifica delle saldature mediante macchine automatiche che si occupano di certificare, misurare la perdita di pressione e verificare che questa sia all'interno del range di riferimento; banchi di pulizia e assemblaggio manuale.

3.MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

3.1 Le origini e il suo sviluppo

Negli ultimi tre decenni l'Information Technology è diventata fonte di vantaggio competitivo. Per questo motivo le applicazioni informatiche sono oggi una delle principali aree di investimento per le industrie.

Per comprendere le origini del MES, bisogna partire dal principio; negli anni '70 le organizzazioni manifatturiere iniziarono ad utilizzare le prime applicazioni software per automatizzare le loro aree funzionali in modo da organizzare il lavoro e tenerne traccia. Con il passare del tempo, queste applicazioni sono state migliorate per fornire le funzionalità di base della gestione dell'inventario, presentando tuttavia funzionalità estremamente limitate e mancando di una necessaria visione dell'impresa manifatturiera nel suo insieme.

Nella seconda parte degli anni '70 e all'inizio degli anni '80 fecero il loro ingresso sul mercato applicazioni definite “sistemi di pianificazione delle risorse di produzione” o MRP / MRP2. Queste applicazioni hanno migliorato la gestione della produzione, permettendo la pianificazione e il controllo del materiale e delle risorse e continuano ad essere ampiamente adottate in quanto influiscono positivamente sui risultati operativi delle aziende.

Tuttavia, quando si è trattato di gestire e controllare in tempo reale le operazioni in officina attraverso una gestione WIP (Work in Progress), le applicazioni MRP sono risultate carenti. Per ovviare a questo gap, le industrie hanno virato verso applicazioni ERP (Enterprise Resource Planning), in grado di integrare le funzioni organizzative e permettere così una pianificazione della produzione maggiormente rispondente alle richieste dei clienti. Queste sono tutt'oggi popolari tra le aziende di tutto il mondo poiché si sono distinte nella gestione delle varie fasi produttive dalla pianificazione, agli acquisti, alla gestione delle scorte, non tralasciando la gestione delle risorse umane e le funzioni amministrative-contabili. Anche queste applicazioni presentano però delle mancanze che impediscono loro di diventare la scelta preferita per la gestione dell'officina; i dati transazionali vengono infatti registrati e comunicati su base settimanale, mensile o giornaliera. Una gestione efficace degli impianti richiede invece la registrazione e la comunicazione di ogni singola transazione in maniera istantanea, il che presuppone la necessità di un'applicazione in grado di registrare e riportare le transazioni in tempo reale.

Tutte le criticità legate ai precedenti applicativi hanno spianato la strada a software di raccolta dati in tempo reale. Verso la seconda metà degli anni '80, sono infatti approdati sul mercato sistemi di nicchia per la gestione del processo produttivo in *real time*. Questi software erano in grado di fornire funzionalità di base come la programmazione della produzione, la raccolta dei dati, la pianificazione della manutenzione, ecc... All'inizio degli anni '90, questi software di raccolta e pianificazione dei dati di base sono stati trasformati in applicazioni, quelle che oggi conosciamo come MES (Manufacturing Execution System).

La sigla MES nasce nel 1992 ad opera dell'AMR Research (Advanced Manufacturing Research). Nello stesso anno nasce la MESA (Manufacturing Execution Systems Association), un'associazione che rappresenta gli sviluppatori e i venditori dei prodotti

e dei servizi relativi al MES. L'associazione si occupa di redigere periodicamente tutta la documentazione legata ai sistemi MES, organizzare conferenze e corsi di formazione. MESA ha svolto un ruolo importante nell'evoluzione sistematica e documentale del MES, fungendo da *forum* globale sia per i produttori che per i fornitori di applicazioni e ha anche contribuito alla proliferazione e all'adozione dello standard ANSI/ISA95, che funge da base per lo sviluppo di sistemi MES.

L'evoluzione del sistema MES si è sviluppata per step. I primi modelli erano applicazioni in loco, configurate in modo tale da rappresentare il processo di produzione proprio delle aziende. Questi sistemi erano in genere rigidi e necessitavano di elevati investimenti iniziali sia per la strumentazione hardware che per la codifica del sistema. La poca flessibilità rendeva difficile per le imprese implementare modifiche al sistema se non a fronte di un grande sforzo in termini di costi, nonché la necessità di assumere personale esperto per la sua installazione e manutenzione. Queste applicazioni continuano tuttavia ad esistere in alcune aziende a causa degli investimenti esorbitanti effettuati in esse e della dipendenza della forza lavoro dai dati presenti nel sistema per l'esecuzione delle attività operative.

Tra l'inizio e la metà del 2000, il MES è diventato più flessibile e le applicazioni basate sul *Web off-site* sono diventate popolari. Ciò significava che le imprese non avevano più bisogno di investimenti in hardware tanto quanto prima. I sistemi MES sono inoltre diventati più modulari, consentendo all'azienda di scegliere quali funzionalità richiedere e di pagare solo per le funzionalità desiderate. Un altro vantaggio di queste applicazioni era che potevano essere utilizzate in qualsiasi luogo e per qualsiasi impianto o linea di produzione in tutto il mondo, purché fosse disponibile l'accesso ad Internet. Il MES modulare è ancora in evoluzione e sta diventando sempre più popolare in quanto risulta più economico e personalizzabile grazie alla sua architettura flessibile.

Le moderne applicazioni MES sono molto più competitive in quanto consentono agli utenti finali di configurare e personalizzare i loro report e *dashboard*, nonché forniscono ai diversi utenti le informazioni necessarie per intraprendere scelte importanti in un arco temporale ridotto. Queste applicazioni sono in grado di fornire dati in tempo reale da ogni fase del processo: lo stato delle risorse e dei materiali, la rintracciabilità dei lotti, la pianificazione della produzione e la gestione dei semilavorati.

Per riassumere, l'applicazione MES ha fatto molta strada dalle semplici applicazioni di raccolta dati originarie degli anni '80 a quelle modulari moderne che vediamo in questi anni. Il futuro di queste applicazioni sembra ancora promettente in quanto i mercati diventano più complessi, i tempi di consegna si riducono e la concorrenza globale aumenta. Per concludere, assodato che la tecnologia di produzione sia in continua evoluzione rendendosi sempre più complessa e orientata alla precisione, si può ritenere credibile che il MES rimarrà contributo attivo nell'eccellenza dei processi e motore del profitto economico per tutte le imprese produttive moderne.

3.2 Funzionalità e obiettivi

Nel mercato moderno la capacità competitiva è divenuta un pilastro fondamentale per la sopravvivenza e la sostenibilità delle aziende. Il notevole aumento della competitività interaziendale ha infatti reso prodotti dello stesso settore merceologico difficili da distinguere. Per questo motivo le aziende necessitano di migliorare il controllo, il monitoraggio e il coordinamento interno ed esterno dei propri processi. Al giorno d'oggi il valore intrinseco dei prodotti e dei servizi, non viene più rappresentato dalle loro caratteristiche tecniche, ma viene influenzato soprattutto dal valore aggiunto dai processi aziendali nel soddisfare ogni esigenza del consumatore. La capacità di produzione, che un tempo era la chiave del successo, sta lasciando il posto alla capacità di processo, sicuramente più complessa. Negli ultimi vent'anni ha acquisito una sempre maggiore importanza la rilevazione delle informazioni legate al ciclo produttivo, dalle quali è possibile individuare con chiarezza l'efficienza del sistema di produzione, i suoi punti critici e i costi che ne derivano. Un'efficace raccolta di dati e una corretta gestione delle informazioni comporta infatti un'ottimizzazione delle risorse e dei materiali e una riduzione dei costi di produzione.

Il sistema MES riveste l'importante funzione di supporto e controllo della produzione in quanto permette di monitorare e comunicare, da un lato i dati inerenti le attività produttive, dall'altro quelli propri delle attività di supporto, quali manutenzione, inventario e qualità prodotti. Grazie a questo strumento, dunque, è possibile ricostruire in tempo reale l'intero processo produttivo, andando ad individuare quali fasi e procedimenti sono stati eseguiti in un determinato arco di tempo e rendendo più semplice e veloce individuare eventuali criticità e proporre tempestivamente possibili soluzioni e interventi da attuare sulle aree interessate.

Il MES, in una ideale piramide sistemistica industriale, si pone tra il livello decisionale e il livello di produzione al fine di metterli in comunicazione; consentendo, tra l'altro, di evitare discrepanze tra quanto pianificato e quanto realmente prodotto.

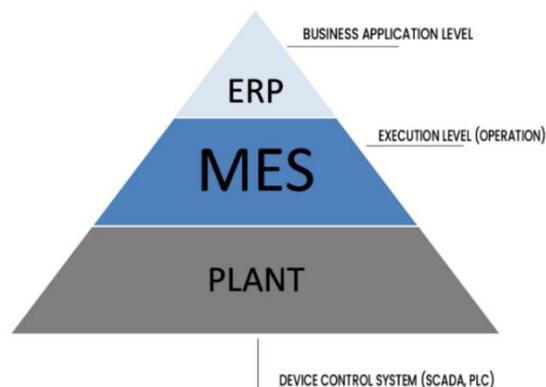


Figura 5: Piramide dei sistemi gestionali che si trovano all'interno delle aziende. Viene data evidenza di come il MES debba essere interconnesso a tutti i livelli funzionali.

Tuttavia, un sistema MES isolato, senza comunicazione diretta con l'impianto produttivo e/o con l'ERP aziendale, rimane un sistema software di gestione della produzione fine a sè stesso; diverso invece è un sistema MES altamente interconnesso, in grado di dialogare sia con l'impianto produttivo, mediante una rete IoT, sia con l'ERP mediante interfacce o connettori modulari. Un MES con queste funzionalità rientra, inoltre, a pieno titolo nella Horizontal e Vertical Integration, una delle 9 tecnologie abilitanti dell'Industry 4.0.

Secondo il modello internazionale MESA, una soluzione software MES presenta dieci "pilastri" che corrispondono ai processi gestiti dal sistema. Nello specifico:

- gestione ordini di produzione;
- raccolta dati manuale;
- controllo e raccolta dati con interfacciamento automatico con le macchine o con tecnologie bar-code, RFid, ecc...;
- controllo e avanzamento produzione:
- gestione della manodopera;
- gestione delle risorse di produzione;
- controllo qualità;
- tracciabilità e rintracciabilità di prodotto e processo;
- warehouse management;
- analisi delle performance in produzione.

Queste funzionalità permettono alle aziende di migliorare il controllo dei costi e incrementare l'efficienza della produzione; ma non solo: il MES può contribuire attivamente ad un miglioramento complessivo della qualità della produzione e della supply-chain, con un conseguente potenziamento del servizio fornito al cliente finale e del rapporto di fiducia tra l'azienda e quest'ultimo.

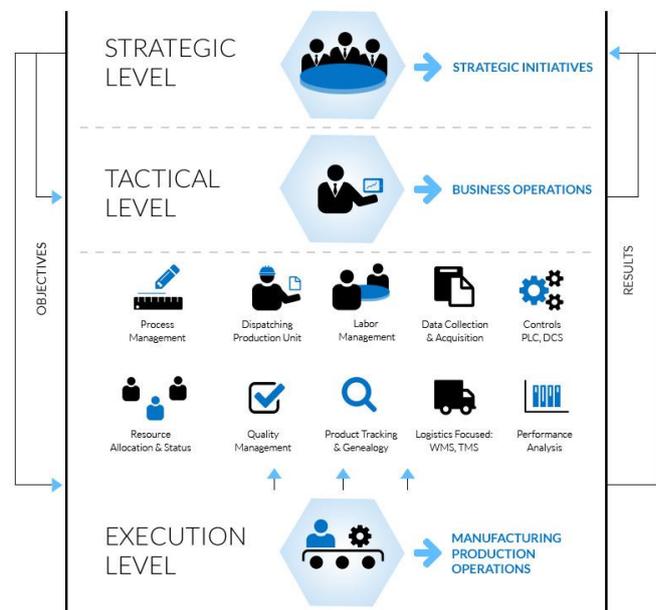


Figura 6: nell'immagine viene data evidenza delle funzionalità ricoperte da un sistema MES e dove esso si colloca nel livello strategico dell'azienda

3.3 Vantaggi e svantaggi

Trattandosi di sistemi con molteplici funzionalità e con potenzialità ancora in fase di sviluppo, diventa complicato fare un bilancio effettivo di quelli che possono essere i vantaggi e gli svantaggi nell'implementazione di un sistema MES.

Con un sistema MES è oggi possibile monitorare e ottimizzare i flussi logistico-produttivi in azienda, sia fornendo uno strumento operativo al personale di linea, sia garantendo una visibilità in tempo reale al management del rendimento dei reparti produttivi e dei costi di produzione in termini di tempi e quantità. L'introduzione di un software MES permette di avere disponibili in tempo reale i dati di avanzamento in produzione (tempi e pezzi prodotti) e quindi di controllare in real-time il processo produttivo stesso con conseguenti effetti positivi in termini di gestione delle emergenze (allarmi, fermi, rotture, ecc. ...) e di *decision making*. Grazie al MES è possibile, ad esempio, identificare e ridurre i colli di bottiglia in produzione e l'incidenza degli scarti e dei rilavorati sul processo produttivo, con conseguente incremento dell'efficienza dello stesso. Molto importanti in un sistema MES sono le funzionalità di gestione della Tracciabilità e della Qualità in produzione, che possono portare notevoli benefici in termini di riduzione dei difetti e dei conseguenti possibili reclami, nonché di diminuzione di eventuali costi per richiamo di prodotti difettosi dal mercato. Questo vale soprattutto in alcuni settori in cui vigono obblighi di legge, sia nell'ambito della produzione di processo (chimico, farmaceutico, cosmetico, alimentare), sia della produzione discreta (elettronica, automotive, ecc.).

Per sintetizzare, si possono analizzare quattro punti di forza che un'azienda può sviluppare attraverso un sistema MES:

- **Capacità di rete:** un sistema esecutivo di produzione è progettato per reperire e analizzare informazioni sulla produzione. In questo senso, un MES è collegato in rete per essere integrato con le attrezzature allo scopo di semplificare la raccolta dati. Come risultato di questo collegamento in rete, una struttura produttiva raggiunge la totale trasparenza, il controllo e l'ottimizzazione della produzione. Ogni fase, dalla registrazione degli ordini e sviluppo dei prodotti, al controllo dei processi e realizzazione della produzione, è documentata e analizzata. Fasi problematiche o disfunzioni che costano tempo o denaro possono facilmente essere identificate e corrette o sostituite;
- **Riduzione degli scarti:** grazie all'uso di un sistema MES, un impianto produttivo può ridurre gli scarti di produzione e le inefficienze nelle diverse aree funzionali. Grazie all'archiviazione e la conservazione dei dati, non è più necessario tracciare il lavoro in formato cartaceo con risparmi in termini di tempo e spesa; inoltre, l'uso di una automazione di back-office aiuta a ridurre i tempi di inserimento dati. Relativamente all'area produttiva, l'uso di un MES

riduce il materiale di rottamazione e di scarto: se si presenta un problema in una fase del processo di produzione, infatti, il MES rileva lo stesso in tempo reale e permette di interrompere la produzione fino alla risoluzione del problema, riducendo i costi inerenti la fabbricazione di prodotti di scarto;

- **Aumento della produttività:** il sistema MES è estremamente efficace nell'aumentare la produttività sia delle attività di back-office che di front-office, così come delle linee di produzione. Tali sistemi rendono, infatti, fruibili le informazioni in tempo reale a tutti i livelli aziendali. Potendo contare su questa condivisione dei dati le imprese riescono ad intraprendere decisioni importanti in un arco di tempo ristretto, anticipando il verificarsi del problema. Tutto questo consente loro di evitare problemi quali: fermi linea dovuti alla mancanza di materiale o derivati dal mal funzionamento delle macchine e guasti degli impianti. In questo modo le imprese riescono a sfruttare al massimo la capacità disponibile aumentando la produttività;
- **Riduzione del magazzino materiali e prodotti finiti:** uno dei costi più consistenti per qualsiasi impresa di produzione sono le giacenze di magazzino. Avere un magazzino di grandi dimensioni significa avere una grande quantità di prodotto fermo con il rischio che si usuri o che diventi obsoleto, considerando le fluttuazioni della domanda di mercato. Un sistema MES documenta e traccia l'acquisto e la spedizione affinché una struttura di produzione sia in grado di ridurre al minimo il magazzino in eccesso. Basandosi sulle effettive richieste del cliente, permette infatti ai produttori di conoscere le quantità di materiale e di prodotto finito necessarie per il prossimo futuro. Inoltre, garantendo un minimo margine di errore, non sarà più necessario prevedere elevate scorte di sicurezza.

Tuttavia, per far sì che il MES costituisca un vantaggio competitivo per l'azienda, è di fondamentale importanza una sua efficace implementazione, capace di rispondere alle reali esigenze delle singole realtà aziendali. Con l'avvento dell'era Industria 4.0 molte aziende si sono avvicinate ai sistemi MES con il solo obiettivo di fruire dei finanziamenti stanziati dal Piano Nazionale, senza avere chiari gli obiettivi e le linee guida per la sua corretta implementazione. Il rischio è di mettere in piedi un sistema fine a se stesso, incapace di sfruttare tutto il loro potenziale. Molte imprese continuano ad investire denaro nella digitalizzazione dei dati di produzione, creando database popolati da un'infinità di dati che però non sono in grado di elaborare e gestire al fine di estrapolarne informazioni utili. Un sistema MES efficace deve essere un abito costruito su misura, nel rispetto delle diverse realtà aziendali e delle singole esigenze dei soggetti appartenenti alle stesse. Trattandosi di sistemi altamente *customizzabili*, è importante il supporto da parte dei tecnici abilitati, ma ancor più fondamentale è

l'apporto del personale interno all'azienda che è a conoscenza delle dinamiche e del flusso informativo necessario alle varie funzioni aziendali.

L'implementazione di un sistema MES comporta costi più elevati rispetto ad altri sistemi, costi che comprendono l'acquisizione delle licenze software e della strumentazione hardware, costi legati alle personalizzazioni, ma soprattutto quelli legati all'assistenza e alla manutenzione successive all'implementazione. Per questo motivo è importante creare un team inter-funzionale che tenga sotto controllo i tempi e i costi del progetto di implementazione del sistema e che abbia una visione completa e chiara di quelli che sono gli obiettivi e i risultati attesi dallo stesso.

3.4 L'evoluzione in sistema MOM (Manufacturing Operations Managements)

Da un'analisi di mercato fatta nel 2018, il mercato globale dei sistemi MES si attestava sui 10,08 miliardi di dollari nel 2018 e dovrebbe crescere del 14,3% durante il periodo 2019-2027, raggiungendo così i 32,93 miliardi di dollari. Si prevede, inoltre, che l'Europa deterrà la maggiore quota di mercato dei sistemi MES entro il 2027. I paesi dell'Unione Europea ospitano diverse industrie chiave nel settore manifatturiero, tra cui quello aerospaziale, automobilistico, dei macchinari e delle attrezzature, delle costruzioni navali, dei veicoli militari e altri. La presenza diffusa del settore manifatturiero tra gli stati membri sta comportando una sempre maggiore incidenza del sistema di esecuzione della produzione all'interno degli impianti di produzione.

Come detto nei capitoli precedenti, i sistemi MES oggi si occupano di prelevare i dati di produzione dal campo, centralizzarli, elaborarli e produrre informazioni in tempo reale, sostituendo fogli Excel e rilevazioni cartacee, e diventando elemento di connessione fra lo *shopfloor* e l'ERP. Ma il sistema manifatturiero sta cambiando e per queste ragioni è lecito chiedersi come evolveranno i sistemi informativi implementanti in esso. Due sembrano essere le evoluzioni future di questi sistemi: l'uso sempre maggiore di tecnologia mobile negli stabilimenti e l'inclusione delle *operation* all'interno del MES, facendolo evolvere verso quello che viene chiamato MOM: Manufacturing Operations Management.

Uno dei punti di forza di questi sistemi è sicuramente la sua flessibilità, cioè la capacità di evolvere e trasformarsi, semplificando le trasformazioni organizzative richieste dal mercato e favorendo il processo di estrema personalizzazione che tutti i settori produttivi stanno affrontando su spinta dei consumatori finali.

In quest'ottica un progetto MES dev'essere snello e può dare ottimi risultati se gestito, ad esempio, con una modalità 'AGILE'. Tale modalità garantisce una visione di insieme da cui partire, mantenendo la possibilità di modificare e dettagliare l'architettura dei singoli moduli in funzione di nuove necessità aziendali.

Il sondaggio 'PwC's 18th Annual Global CEO Survey' di PricewaterhouseCooper riporta che l'81% dei CEO (su 1.322 CEO intervistati provenienti da 77 Paesi) ritiene che l'uso delle tecnologie mobili sarà fondamentale per il futuro del proprio business.

La visione futura sarà quella di non considerare più il MES solamente a livello di singolo stabilimento ma includere tutti gli anelli della supply chain in modo da poter ottenere informazioni in tempo reale con visibilità completa.

Nella seconda metà dello scorso decennio, il MESA, ha iniziato a introdurre il termine MOM, che comprende al suo interno anche la gestione dei processi che regolano e coordinano il funzionamento delle *operation*. Per *operation* si intende l'aspetto 'umano' del sistema produttivo; i processi sono infatti gestiti dalla forza lavoro cui le aziende si affidano per garantire che gli stessi si svolgano in maniera coordinata ed efficiente. Una percentuale significativa della forza lavoro, quasi in tutti i settori industriali, è destinata ad andare in pensione nel prossimo decennio,

lasciando il posto a colleghi con percorsi professionali diversi e meno stabili, perciò con minore possibilità di maturare esperienza completa e continuativa. L'adozione di sistemi MOM garantisce la conformità alle *best practices* aziendali, la flessibilità per rispondere rapidamente agli input del mercato e la snellezza divenuta fondamentale per poter supportare tecnologicamente questo cambio generazionale.

Nello specifico, i sistemi MOM traducono gli ordini di produzione che ricevono dall'ERP in diverse fasi, dividendo i compiti fra le varie linee produttive o a seconda del processo. Il loro compito consiste nel coordinare e ottimizzare tutti i passaggi, definendo le politiche e le regole per operare in modo coordinato sulla base di obiettivi strategici come la riduzione dei costi, il controllo della qualità e il miglioramento continuo dei processi aziendali. Per rispondere a questa necessità, la gestione efficace delle *operations* dovrebbe iniziare con l'identificazione dei KPI su cui basare misurazioni e obiettivi di miglioramento.

Il percorso di trasformazione dal MES verso il Manufacturing Operations Management è un processo progressivo, funzionale alle esigenze di trasformazione delle aziende e in linea con la loro evoluzione. Le aziende che non faranno leva su queste nuove opportunità avranno grossi problemi a mantenere la competitività rispetto a quelle che le adotteranno più velocemente. Le operazioni d'impresa saranno digitalizzate e guadagneranno efficienza e trasparenza.

Le tipologie di software MOM in commercio sono varie ma vi sono delle funzioni cardine imprescindibili, quali ad esempio:

- Intelligenza Scada (*Supervisory, Control and Data Acquisition*)

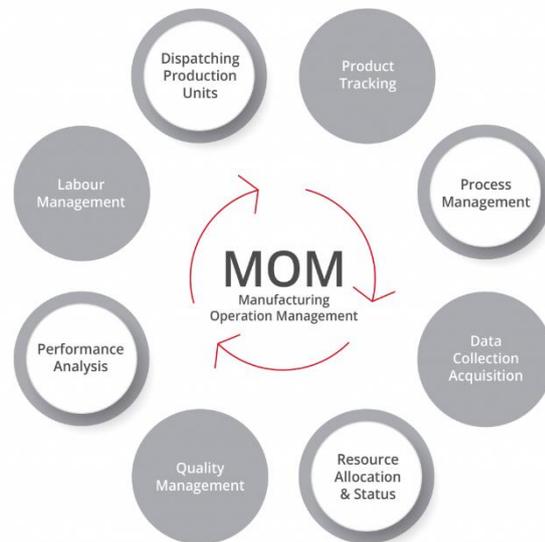


Figura 7: nella figura viene riportato lo schema di un sistema MOM e quali aree aziendali interessa

- Pianificazione e programmazione avanzate
- Sistema evoluto di esecuzione della produzione
- Monitoraggio step by step

La differenza tra i sistemi MES e i sistemi MOM non va ricercata come un confine netto e marcato. Esistono correnti di pensiero differenti: alcuni pensano che il MES sia un sottoinsieme del MOM, mentre altri sono dell'opinione che descrivono diversi spazi funzionali, altri ancora pensano che descrivano esattamente la stessa cosa.

Entrambi i sistemi si prefiggono lo stesso obiettivo: la gestione e il controllo delle operazioni di produzione, in conformità con gli standard di modellazione e integrazione.

Il mercato oggi offre una grandissima quantità di prodotti, le imprese devono analizzare e scegliere il prodotto giusto che possa dare un ritorno all'investimento fatto. Questo non è facile perché probabilmente il prodotto giusto non esiste a catalogo ma va costruito e calzato sulla propria realtà aziendale in modo che questo possa essere sfruttato al meglio e possa dare i risultati sperati.

4. IL PROGETTO MES IN CORNAGLIA

Il progetto MES in Cornaglia nasce nel gennaio 2018 con l'obiettivo di implementare il sistema in tutte le divisioni del Gruppo entro il 2021.

Le motivazioni che hanno guidato questo progetto sono quelle esposte nei capitoli precedenti dove si mettono in luce i punti di forza di un sistema di controllo e monitoraggio della produzione. In un mercato sempre più dinamico, in cui il cliente richiede un prodotto di qualità a basso prezzo e nei tempi di consegna prestabiliti, creare un'infrastruttura informatica adatta a garantire flessibilità e allo stesso tempo efficienza della produzione è di fondamentale importanza. La riduzione dei costi, a parità di servizi erogati, è il *driver* della competizione.

La prima fase del progetto è stata la ricerca del fornitore a cui affidare la progettazione e l'implementazione della parte Software. Al termine della ricerca la scelta è ricaduta sull'azienda Plannet, presente sul mercato dal 2003 e leader nel settore, vantando più di 200 installazioni attive in Italia e all'estero nei più svariati settori industriali.

In questo elaborato di tesi analizzerò la mia personale esperienza vissuta come *team member* del progetto per quanto riguarda la divisione EXHAUST nella quale sono impiegato da circa quattro anni come Process Engineer. Il mio compito principale è stato quello di supportare il team durante le fasi di definizione del modello operativo e delle funzionalità del sistema da sviluppare, mettendo a disposizione la mia esperienza e conoscenza del processo, del flusso dei materiali e del sistema informativo aziendale.

Durante gli incontri preliminari con il fornitore del sistema sono stati definiti gli obiettivi e le esigenze necessari a colmare le precedenti mancanze e al tempo stesso ad attuare soluzioni che potessero creare un vantaggio futuro nella gestione e monitoraggio della produzione. In quest'ottica, le fasi successive sono state:

- Comprensione del background aziendale:
 - Trasformare i bisogni in obiettivi;
 - Analizzare e individuare le aree di intervento;
 - Definire il team e le persone coinvolte in ogni step;
 - Interviste e questionari per analizzare i bisogni degli attori coinvolti;
 - Definizione del flusso di informazioni all'interno del progetto;

- Analisi situazione *AS IS*:
 - Confronto tra la situazione attuale e lo status atteso per far emergere i gap e le criticità;
 - Studio della struttura organizzativa, dei meccanismi operativi e del flusso delle informazioni;
 - Analisi dell'architettura informatica;
 - Mappatura dei processi mediante Flow Chart;

- Raccolta dei dati e aggiornamento degli attuali indicatori di prestazione;
- Definizione dello stato *TO BE*:
 - Nuova mappatura dei processi aziendali;
 - Ridefinizione del flusso informativo;
 - Identificazioni delle azioni di miglioramento tecnico-informatiche;
 - Implementazione del nuovo software;
 - Integrazione con il sistema attuale;
- *Monitoring* e miglioramenti futuri:
 - Verifica e controllo su ambiente di test;
 - Controllo della presenza di eventuali anomalie durante l'utilizzo;
 - Verifica del funzionamento reale sulla linea pilota;
 - Raccolta ed estensione delle Best Practices;
 - Verifica del soddisfacimento degli utilizzatori;
 - Raccolta delle proposte di miglioramento future.

Durante lo sviluppo del progetto è stato necessario garantire uno sviluppo iterativo e incrementale del software, mantenendo una stretta collaborazione tra l'azienda e gli sviluppatori e rendendo possibile un cambiamento rapido ad un costo contenuto e con un rischio ridotto grazie ad un continuo confronto con gli obiettivi fissati. Punto di forza, che ha permesso di raggiungere ottimi risultati alla fine di questo progetto, è stata la capacità di creare un team eterogeneo in grado di analizzare i problemi da diversi punti di vista e di mettere insieme diversi ruoli ognuno con il proprio bagaglio di esperienze.

4.1 Programmazione e monitoraggio della produzione prima del MES

In questo paragrafo si vuole mettere in evidenza lo status *AS IS* nella divisione Cortubi per quello che riguarda il processo di programmazione e monitoraggio della produzione. Questo è stato utile per definire il confine operativo desiderato dal MES e di conseguenza quali processi operativi vorranno essere gestiti in maniera diretta con il MES e quali invece si interfaceranno a questo solamente in maniera indiretta.

4.1.1 Gestione ordini clienti e rilascio ordini di lavoro (Odl)

Il cliente programma la fornitura del prodotto mediante ordini aperti sul portale aziendale con un orizzonte di previsione di sei mesi e un periodo “*frozen*” di tre settimane. Le richieste di fornitura vengono trasmesse tramite EDI (*Electronic Data Interchange*) alla logistica di stabilimento, la quale carica i programmi ricevuti sul portafoglio ordini del sistema gestionale (MD2). Settimanalmente viene eseguito un MRP, il quale tiene in considerazione: ordini clienti, giacenze, scorte di sicurezza, *lead time*, lotti minimi e massimi. L'MRP alla fine rilascia gli ordini di lavoro e gli ordini ai fornitori. Prima di rendere operativi tali ordini di produzione la logistica avvia la simulazione di fattibilità con la quale verifica che per gli ordini rilasciati sia presente tutta la componentistica necessaria alla loro evasione. Allo stesso tempo l'ufficio programmazione verifica, mediante il lancio del carico macchine, la saturazione degli impianti. Se i risultati delle due verifiche hanno esito positivo viene confermato l'odl. Si procede allora con la programmazione della produzione che viene eseguita su un file Excel dove vengono indicate, per le varie linee di assemblaggio dei diversi reparti, le quantità da produrre nei turni di lavoro assegnati. Ogni mattina vengono analizzati con la Direzione i dati consuntivati il giorno precedente, in modo da intercettare possibili scostamenti rispetto a quanto programmato ed eventualmente intraprendere opportune azioni correttive. Una volta che il prodotto finale è stato ultimato sulle linee di assemblaggio, l'operatore di linea fa il versamento della quantità prodotta andando ad incrementare la giacenza del particolare versato e decrementandola delle quantità dei materiali utilizzati. Il prodotto finito viene così portato al magazzino spedizioni dove, una volta spedito, viene incrementata sul sistema la quantità spedita del codice e viene avviata la procedura di fatturazione.

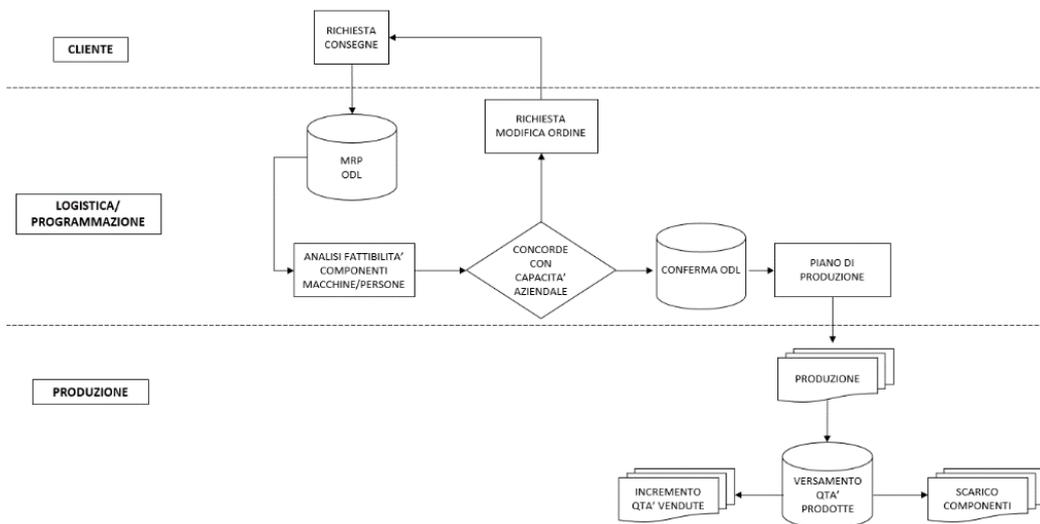


Figura 8: l'immagine rappresenta lo schema di flusso della procedura di creazione degli ordini di lavoro e della loro evasione

4.1.2 Cluster Tecnologici e centri di lavoro

La divisione Exhaust può essere suddivisa in tre *macro-cluster* tecnologici:

- **Canning:** costituita principalmente da impianti altamente automatizzati dove l'operatore si occupa del controllo macchina e del carico e scarico dei componenti. In questo reparto vengono prodotti i catalizzatori che saranno assemblati sulle linee di assemblaggio finale;
- **Deformazioni meccaniche:** rientrano in questa categoria la deformazione dei tubi e lo stampaggio meccanico. In queste aree si trovano impianti manuali dove l'operatore ha il compito di avviare il ciclo macchina e caricare e scaricare i componenti da processare;
- **Assemblaggio finale:** linee di produzione dove vengono assemblati i componenti del sistema di scarico e vengono testate le saldature prima del completamento finale e dell'imballaggio. In questo reparto sono presenti principalmente robot di saldatura MIG/MAG e macchine di prova tenuta ad aria. L'operatore ha il compito di caricare e scaricare le tavole del robot, caricare e controllare l'esito delle prove di tenuta ed eventualmente rintracciare le perdite ed eseguire le riparazioni.

All'interno di ognuno di questi *cluster* sono presenti differenti centri di lavoro che possono essere raggruppati in:

- **Macchina singola:** macchina sulla quale viene svolta la lavorazione e a cui corrisponde un ordine di lavoro specifico. Il tempo standard della fase coincide con il tempo ciclo della macchina. Nel caso di presidio 1:1 il tempo uomo coincide con il tempo della macchina, altrimenti:
 - nel caso di presidio n:1: tempo uomo = tempo macchina moltiplicato per il numero di operatori che presidiano la macchina;
 - nel caso di presidio 1:m : tempo uomo = tempo macchina diviso il numero di operatori che presidiano la macchina

Viene prodotto un odl per volta, il conteggio dei pezzi prodotti è ovviamente univocamente determinato dalla macchina singola così come il conteggio degli scarti;

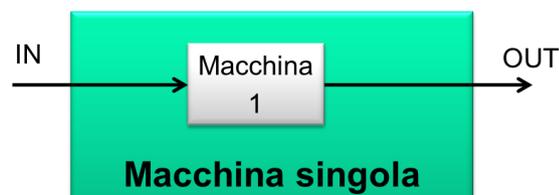


Figura 9: Rappresentazione del centro di lavoro macchina singola

- **Linea/isola:** sono sistemi produttivi composti da più macchine che eseguono operazioni che fanno parte dello stesso ordine di lavoro. Le macchine sono utilizzate sempre con la stessa sequenza e quindi la macchina collo di bottiglia determina la cadenza. Non è detto che tutti i *part-number* prodotti su un'isola di lavoro utilizzino sempre tutte le macchine, ma l'isola è occupata da un *part-number* per volta;

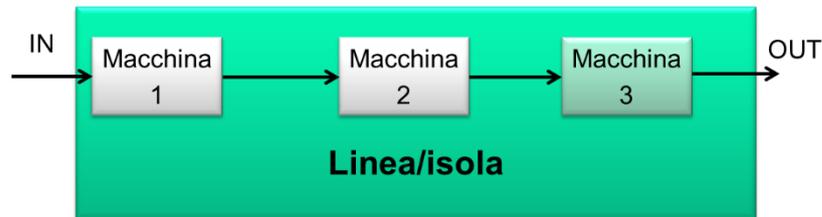


Figura 10: Rappresentazione del centro di lavoro isola o linea composta nello specifico da tre macchine

- **Lavorazione in squadra:** è un caso particolare dei due precedenti, in quanto sono quei contesti in cui più operatori contemporaneamente partecipano al presidio di una o più macchine o linee di produzione. In questi casi l'ordine di lavoro è unico ma la lavorazione viene svolta da due operatori.

4.1.3 Programmazione della produzione

La programmazione della produzione è un processo il cui scopo è quello di organizzare l'attività di produzione affinché sia coerente con i piani strategici che definiscono gli obiettivi economico-finanziari dell'intera azienda. La programmazione della produzione nelle aziende manifatturiere si occupa dunque di definire i piani od i programmi di produzione e quindi di stabilire cosa, quanto e quando produrre, con diversi livelli di dettaglio, diversi orizzonti temporali e possibilità di simulazione.

La programmazione della produzione è un'attività molto complessa perché è necessario rispettare alcuni vincoli quali i tempi di consegna verso il cliente, la saturazione degli impianti, le ore disponibili degli operatori e la giacenza dei materiali. Per poter avere una programmazione corretta è necessario coordinare aspetti importanti quali:

- **Il carico degli impianti:** in Cortubi il carico degli impianti è disponibile settimanalmente scaricandolo dal sistema informativo (MD2). All'interno di questa estrazione vengono visualizzate tutte le macchine dello stabilimento raggruppate per linee di assemblaggio. Per ogni macchina viene visualizzata la sua saturazione in base alla quantità di ore esplosa dagli ordini clienti rispetto alle ore disponibili settimanalmente. Se la saturazione della macchina è oltre l'80% la cella si colora di rosso in modo da mettere in evidenza una possibile criticità. Questo perché il carico macchine non tiene conto delle possibili inefficienze e soprattutto delle ore di *set-up* per processare codici diversi.

In fase di programmazione della produzione, il programmatore cerca di attribuire le quantità corrette alle diverse macchine in modo da saturare l'impianto senza però rischiare di andare incontro ad una saturazione eccessiva e tenendo conto dei vari *set-up* necessari sulla linea;

- **Il fabbisogno di manodopera:** pur disponendo di impianti altamente automatizzati come le celle robotizzate, il processo di trasformazione in Cortubi è fortemente legato alla componente manuale degli operatori. Mensilmente viene calcolato il fabbisogno di manodopera teorico in base alle ore di portafoglio ordini (quantità richieste x tempo ciclo) e i giorni lavorativi disponibili nel mese. A questo fabbisogno teorico vengono tolte delle percentuali che tengono conto di aspetti quali l'assenteismo, i permessi e le ferie, in modo da ricavare il fabbisogno netto del mese. Anche in questo caso il programmatore durante la fase di programmazione della produzione deve avere bene chiaro a mente il fabbisogno di manodopera;
- **La giacenza dei materiali semilavorati:** nell'attività di programmazione è un aspetto di fondamentale importanza. Infatti, per poter programmare correttamente, è necessario sapere quanto materiale è già presente in magazzino o sulle linee produttive che non è ancora stato trasformato in prodotto finito ma che ha già subito alcune operazioni di trasformazione. Allo stato attuale nello stabilimento di Valfenera non vi è una tracciabilità del semilavorato, nel senso che solamente il prodotto finito viene versato a sistema e solo in quel momento vengono scaricati i materiali. Due aspetti complicano ulteriormente questa attività: il processo lungo di trasformazione e il fattore di condivisione dei componenti fra i diversi tipi di silenziatori. Questo comporta che il programmatore deve andare fisicamente sulle diverse linee a quantificare il materiale semilavorato in modo da tenerne conto durante il processo di programmazione. Ovviamente il non automatismo di questa operazione porta a commettere errori che si ripercuotono sulle consegne cliente ma soprattutto in fase di approvvigionamento dei componenti prodotti internamente o acquistati dall'esterno.

Nello stabilimento di Cortubi è presente un programmatore della produzione che ha il compito di creare il piano di produzione andando ad indicare quali prodotti, in quale sequenza e in quale quantità devono essere processati sulle diverse linee produttive. Come detto in precedenza tutto questo viene eseguito su fogli Excel che vengono poi inviati ai vari capi reparto, il venerdì pomeriggio della settimana N-1 per la settimana N.

COR.TUBI		CCM		01.010: 27/08/2020 Pianificazione della Produzione							Pianificazione della Produzione									
		Tot. Pianificato		Settimana dal 31/08/2020 al 06/09/2020							Settimana dal 07/09/2020 al 13/09/2020									
		Tot. Versato		Lunedì		Martedì		Mercoledì		Giovedì		Venerdì		Sabato		Domenica		Sabato		
		N° su versioni		106		106		106		106		106		106		106		106		
		N° su serze		4		4		4		4		4		4		4		4		
Articolo 51521186M				10	B	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S
Descrizione (FZC-NM) SIL SCR CCM LWB STAGE V 3.5"X4"46"				Set-up																
ARR	75	Esistenza Semilav.		Pianificato		22	22	22	22	22	22									
Ord. WK-36	101	Esistenza finito	45	N° p.c. confezione																
Ord. WK-37	39	Q. r. da produrre (2 wk)	230	N° p.c. scarto																
Ord. WK-38	103	Tempo ciclo (p.c. h)	3	DEE da mese																
Ord. WK-39	74	Tempo ciclo (p.c. h)	22.5	Kd/Da a lab.																
Tot. Pianif.	176	Turni necessari (2 wk)	10.2	MRK201																
Tot. Prodotto		Tempo M.O. globale	78	2																
Ris. Produzione	-176	Chio programmato	228.8	Stando Prodo.		-22	-44	-66	-88	-110	-132	-154	-176							
Articolo 51488767M				12	B	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S
Descrizione (FZC-NM) SIL SCR+SCRDF 3.5"4"46"22) CCM SWB HP ST1				Set-up																
ARR	2	Esistenza Semilav.		Pianificato																
Ord. WK-36	87	Esistenza finito	5	N° p.c. confezione																
Ord. WK-37	68	Q. r. da produrre (2 wk)	146	N° p.c. scarto																
Ord. WK-38	88	Tempo ciclo (p.c. h)	3	DEE da mese																
Ord. WK-39	92	Tempo ciclo (p.c. h)	22.5	Kd/Da a lab.																
Tot. Pianif.	261	Turni necessari (2 wk)	6.5	MRK201																
Tot. Prodotto		Tempo M.O. globale	78	2																
Ris. Produzione	-261	Chio programmato	339.3	Stando Prodo.																
Articolo 51521185M				18	C	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S	T	Z	S
Descrizione (FZC-NM) SIL SCR CCM HD STAGE V (8.5"X)4.5"				Set-up																
ARR		Esistenza Semilav.		Pianificato																
Ord. WK-36	30	Esistenza finito	42	N° p.c. confezione																
Ord. WK-37	8	Q. r. da produrre (2 wk)	4	N° p.c. scarto																
Ord. WK-38	24	Tempo ciclo (p.c. h)	3	DEE da mese																
Ord. WK-39	36	Tempo ciclo (p.c. h)	22.5	Kd/Da a lab.																

Figura 11: Esempio del piano di produzione per una linea di assemblaggio

Alla fine di ogni turno il team leader ha il compito di indicare sul piano di produzione ricevuto le quantità realmente prodotte dalla linea. Può capitare, infatti, che la quantità prodotta non sia allineata alla quantità programma a causa di molteplici fattori che possono influenzare il normale ciclo di produttivo.

Il programmatore, ricevute le quantità prodotte durante il turno da ogni linea, aggiorna il piano di produzione. Ogni mattina viene svolta una riunione di produzione dove vengono analizzate le cause che hanno generato il non rispetto della quantità programmata e successivamente vengono attivati piani di recupero per riuscire a garantire le consegne programmate con il cliente.

4.1.4 Monitoraggio del processo produttivo

In accordo con quanto stilato all'interno del piano di produzione è possibile iniziare le operazioni di manifattura. In questa fase entrano in gioco gli operatori che si occupano fisicamente della produzione: il responsabile di produzione, i capi turno e i team leader. Il responsabile di produzione si occupa di monitorare l'andamento delle varie linee andando ad analizzare i dati raccolti e ad intervenire in caso di problematiche. Il capo turno ha il compito di posizionare il personale sulle varie postazioni in accordo alle matrici di polivalenza e di svolgere i set-up sulle varie postazioni. I team leader invece hanno il compito di monitorare la linea, rifornirla con la strumentazione e la componentistica necessaria e analizzare eventuali pezzi di scarto usciti dal processo. Non avendo uno strumento come il MES tutta l'attività di raccolta dei dati veniva svolta in formato cartaceo dai singoli operatori coinvolti descritti in precedenza. All'operatore, una volta definita la postazione su cui operare, veniva rilasciata la "cartolina di lavorazione".

Figura 12: esempio di una cartolina di lavorazione lato fronte

Figura 13: esempio di una cartolina di lavorazione lato retro

Nell'immagine soprastante viene riproposto un esempio di tale documento, esso può essere diviso in cinque macro-aree:

1. Nella sezione “1” sono indicati i dati generali della lavorazione, inseriti all'interno dei cicli di lavoro caricati sul sistema come: il codice del particolare, la macchina sul quale deve essere processato e il reparto di appartenenza;
2. In questa sezione l'operatore trova tutta una serie di informazioni utili durante lo svolgimento del ciclo come: la sequenza delle operazioni che deve svolgere, i materiali che deve utilizzare e le attrezzature sulle quali vengono inseriti e processati i materiali;
3. La sezione “3” riporta il tempo ciclo dell'operazione con l'indicazione dei pezzi ora da processare;
4. Sulla parte posteriore del documento si trova la sezione “4” in cui l'operatore deve timbrare l'inizio della lavorazione e, una volta terminato il suo turno di

lavoro, deve timbrare l'orario di fine lavorazione, indicando il numero di pezzi prodotti e segnalando quanti di questi sono di scarto;

5. In questa sezione vengono segnalati i difetti e le anomalie riscontrati durante il ciclo di lavoro.

Una volta eseguita l'ultima operazione del ciclo di lavoro previsto è richiesto il versamento del prodotto. Tale attività viene svolta dal team leader che, in base alle quantità indicate sulla cartolina di lavorazione, entra nel sistema e carica la quantità indicata generando il versamento del prodotto e scaricando i materiali utilizzati.

Alla fine di ogni turno i team leader avevano il compito di raccogliere le cartoline di lavorazione delle proprie linee di competenza e portarle nell'ufficio dei capi reparto dove venivano analizzate. Se durante la lavorazione non ci fossero stati problemi, e cioè l'operatore fosse riuscito ad eseguire tutta la produzione oraria indicata, allora la cartolina veniva mandata avanti. Se, al contrario, l'operatore non fosse riuscito a completare la produzione indicata, il capo turno avrebbe dovuto giustificarne la motivazione con una causale. Le causali operative che potevano essere utilizzate erano:

- **Variazioni al ciclo di lavoro:** il ciclo svolto non è quello predefinito a causa di fattori esterni come, per esempio, l'utilizzo di materiale differente o attrezzature differenti;
- **Fase non contemplata a ciclo:** l'operatore ha svolto alcune attività durante il suo ciclo che non erano state previste e che quindi non sono considerate a valore aggiunto come per esempio la rilavorazione di alcuni particolari o controlli non previsti;
- **Macchina difettosa:** in questo caso l'operatore non è riuscito ad ultimare la quantità indicata a causa di un mal funzionamento della macchina, inteso sia come fermo che come rallentamento dovuto a micro-fermate;
- **Materiale difettoso:** simile alla causale precedente ma in questo caso il fattore che può rallentare o fermare il ciclo produttivo è il materiale utilizzato;
- **Mancanza materiale:** questa causale veniva utilizzata quando durante il turno di lavoro l'operatore si trovava rallentato a causa del non corretto rifornimento dei componenti da processare;
- **Attrezzaggio:** la macchina risulta ferma a causa di un set-up necessario, per esempio, per sostituire un'attrezzatura od un posaggio;
- **Manutenzione:** attività svolte dagli operatori della manutenzione per ripristinare fermi della macchina o per la messa a punto dell'attrezzatura.

Queste causali indicavano le attività non a valore aggiunto che vanno a penalizzare la produzione intaccando negativamente l'efficienza della linea.

Una volta terminata la fase di analisi da parte degli operatori, le cartoline di produzione venivano caricate sul sistema andando ad aggiornare gli indici produttivi che venivano analizzati in maniera periodica dal responsabile di produzione e dal *controller* aziendale.

4.1.5 KPI utilizzati nel monitoraggio

Tutti i dati di produzione venivano perciò caricati manualmente sul sistema informativo aziendale, il quale generava tutta una serie di indicatori che il controllo di gestione analizzava mensilmente insieme alla dirigenza e ai vari responsabili.

Di seguito verranno descritti i principali indici di monitoraggio della produzione:

- **Indice A:**
$$\frac{\text{ore operatori diretti impiegate su macchine}}{\text{ore di presenza operatori diretti}}$$

Questo indice va a misurare la capacità del responsabile di produzione e dei suoi sottoposti (capo turno e team leader) di impiegare gli operatori diretti su macchine singole o linee. Avendo come riferimento le ore di presenza di tutto il personale diretto (ore prese dalle bollature), questo indice ci dice quante di queste ore sono state effettivamente impiegate per la produzione di componenti finiti o di semilavorati. Andando ad analizzare il suo complemento a uno si possono identificare tutte le ore in cui il personale diretto ha svolto attività non produttive che corrispondono ad inefficienze;

- **Indice B:**
$$\frac{\text{ore operatori diretti impiegate su macchine} - \text{ore scarto} - \text{ore giustificativi}}{\text{ore di presenza operatori diretti}}$$

L'indice in questione è simile all'indice visto in precedenza ma in questo caso vengono scorporate dalle ore impiegate sulle macchine le ore nelle quali l'operatore ha prodotto componenti di scarto, adeguatamente giustificate dal capo turno in quanto la produzione non è stata completata a causa di fermi di vario tipo. Questo, prima dell'utilizzo del MES, era l'indice di riferimento per misurare l'efficienza degli impianti;

- **Indice C:**
$$\frac{\text{Ore versate [t.c. x n°pz versati a MG]}}{\text{ore assegnate nette [t.c x n° pz prodotti]}}$$

Con questo indice si misura quante delle ore derivate dalla produzione di pezzi sono effettivamente state versate nel magazzino. Come detto nei capitoli precedenti l'attuale processo prevede il versamento a magazzino solamente alla fine dell'ultima operazione prevista dal ciclo, quindi viene versato tendenzialmente solo il prodotto finito destinato alla vendita. Tale indice è molto importante in quanto bassi valori dell'indice C indicano la presenza di semilavorato che deve essere ancora trasformato in prodotto finito.

Questi tre indici venivano analizzati durante riunioni mensili insieme alla direzione aziendale e al *controller* di stabilimento. Come detto in precedenza, l'indice B veniva preso quale riferimento per stabilire l'efficienza dello stabilimento e non doveva mai essere inferiore all'80%. Di seguito viene mostrato l'andamento di tale indice nei primi sei mesi del 2019 considerato che al tempo non era ancora stato implementato il sistema MES:

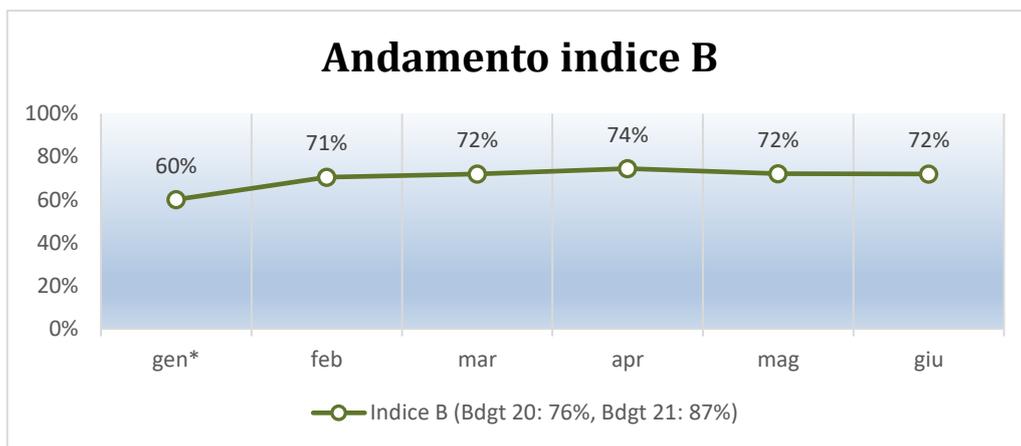


Figura 14: l'immagine mostra l'andamento dell'indice B nei primi sei mesi del 2019

Come si può notare dal grafico, l'andamento della curva si attesta sotto il target aziendale e presenta un andamento medio del 70% di efficienza.

Con il sistema antecedente al MES risultava difficoltoso analizzare le cause che portavano ad avere un'efficienza sotto il target aziendale in quanto mancavano informazioni di dettaglio ma soprattutto non vi era la possibilità di capire se le perdite fossero dovute alla componente uomo od alla componente macchina.

In concreto, mensilmente venivano analizzate le ore di inefficienza giustificate dalle causali precedentemente elencate, chiamate ore giustificative, cercando di capire quante di queste fossero attribuite alle singole causali e quali azioni intraprendere per ridurre l'ammontare. La principale problematica che si riscontrava durante questa analisi, oltre al fatto che fosse un'operazione manuale realizzata mediante l'utilizzo di

fogli stampati dal sistema informativo aziendale, era che fosse eseguita solo a consuntivo, ovvero una volta che l'inefficienza si era realizzata e aveva causato il problema.

Come vedremo più avanti, con l'utilizzo del MES si è potuto disporre di questi dati in tempo reale e attribuire così la perdita alla causa nel momento in cui si verificava. Questo ha permesso di essere molto più reattivi nel prendere decisioni ma soprattutto di intraprendere azioni correttive volte anche ad anticipare il manifestarsi del problema.

4.1.6 Difficoltà e problematiche con l'attuale sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio e gestione della produzione presente in Cortubi è risultato molto efficace per moltissimo tempo. Tuttavia, negli ultimi anni i processi produttivi e i prodotti hanno visto crescere la loro complessità: da un lato è stato necessario modificare la progettazione delle linee produttive, dall'altro è aumentato il numero di tipologie di prodotto da processare. Le singole celle utilizzate fino a qualche anno fa hanno lasciato il posto a linee produttive altamente automatizzate costituite da più macchine e con la peculiarità di essere sempre più flessibili.

In aggiunta a questo la Cortubi ha visto crescere in maniera significativa il proprio fatturato e di conseguenza è stato necessario incrementare il numero di personale diretto e indiretto. Basti pensare che nel biennio 2018-2020 il numero di personale diretto di produzione è salito del 30%.

Per queste ragioni negli ultimi anni il sistema prettamente manuale di monitoraggio della produzione e della programmazione è risultato dispendioso e non completamente affidabile per uno stabilimento di medio grandi dimensioni come la Cortubi. Il processo di raccolta e analisi delle cartoline di produzione occupava tantissimo tempo e molto spesso non era possibile caricare tutti i dati sul sistema entro la fine della giornata. Questo comportava dati e indici non aggiornati in tempo reale, ma soprattutto si rischiava di far prendere decisioni errate a fronte di dati incompleti.

Come accennato nei capitoli precedenti, uno degli aspetti maggiormente critici del sistema era la non gestione del semilavorato prodotto; solamente quando il prodotto concludeva tutte le sue operazioni e veniva inserito nell'imballo destinato al cliente, avveniva il versamento a magazzino della quantità prodotta e veniva scaricata la distinta base dei suoi componenti. Dunque, esisteva un lasso di tempo, in particolare durante il processo di assemblaggio, nel quale parte dei componenti erano già stati assemblati ma nel sistema informativo risultavano ancora disponibili. Questo non allineamento tra giacenza fisica e contabile generava problemi nel processo di approvvigionamento e ritardi nella consegna al cliente.

In aggiunta a questo anche il processo di programmazione risultava molto legato all'aspetto umano, essendo il programmatore tenuto a prendere in considerazione diverse variabili durante la creazione dei piani di produzione.

Per quanto concerne la raccolta dei dati di produzione le principali problematiche erano sicuramente la gestione cartacea delle “cartoline di produzione”. Altro aspetto da non sottovalutare era che gli operatori diretti, prima di iniziare la lavorazione e una volta finita, dovevano andare a timbrare gli orari di inizio e di fine lavoro su macchinette dislocate in diverse aree dello stabilimento. Questo generava molto spesso tempi di attesa, andando a penalizzare la produttività delle linee di assemblaggio. Parlando di una gestione manuale, sicuramente andava considerato l’impatto dovuto a errori di compilazione di tutta la modulistica. Gli errori maggiormente frequenti erano:

- L’operatore inseriva una quantità errata di pezzi prodotti;
- L’operatore non dichiarava i pezzi di scarto;
- Non veniva indicata la causale corretta durante il fermo produttivo;
- La cartolina di produzione non veniva chiusa o aperta durante il turno di lavoro;
- Il team leader versava una quantità sbagliata di pezzi a magazzino;
- Inserimento dati errato sul sistema informativo.

Questi sono solo gli errori principali che si verificavano quotidianamente, ma non erano gli unici. L’aspetto più preoccupante era che bastava un numero sbagliato scritto su di un foglio per provocare una serie di errori a cascata che alla fine potevano generare un danno economico importante.

Altro punto di debolezza era il fatto di poter svolgere qualsiasi tipo di analisi solamente a consuntivo e mai a preventivo o in itinere, per mancanza dei dati in tempo reale. Un esempio sono i fermi o rallentamenti delle macchine che venivano inseriti come giustificativo alla mancata produzione da parte dell’operatore al termine del suo turno, senza la possibilità di raccogliere nessun dato direttamente dalla macchina utile a capire le cause del fermo o rallentamento.

Per quanto riguarda i KPI di monitoraggio della produzione, questi ponevano la loro attenzione solamente sull’operatore e non sulle reali *performances* degli impianti. Un esempio può essere il processo di assemblaggio dei silenziatori di scarico, che veniva svolto su linee formate da diverse celle robotizzate poste in serie dove tendenzialmente ad ogni postazione erano presenti da uno a due operatori. I dati che venivano raccolti sulle cartoline di produzione erano legati al tempo ciclo dell’operazione da svolgere, tempo che comprendeva sia la componente manuale sia la componente legata alla macchina. Di norma per poter saturare al massimo le macchine il tempo uomo deve essere sempre inferiore al tempo macchina altrimenti la macchina si ferma. Non potendo monitorare direttamente i dati dalle macchine non era possibile attribuire l’eventuale fermo del ciclo alla componente uomo o alla componente macchina.

I punti di debolezza appena elencati del precedente processo di monitoraggio e controllo della produzione sono stati il punto di partenza per l’analisi del nuovo sistema MES.

4.2 Sviluppo del progetto MES nella divisione Cortubi

Come si può leggere nei capitoli precedenti l'azienda Cornaglia Spa si è sempre mostrata pronta ad affrontare nuove sfide con l'obiettivo di migliorare i propri sistemi aziendali. Una di queste sfide è stata sicuramente la decisione di cambiare il proprio sistema di monitoraggio e controllo della produzione, implementando un sistema MES che potesse colmare le lacune del precedente sistema ma soprattutto portare un beneficio economico nel medio-lungo termine. Essendo un'impresa familiare, la decisione di cambiare verso un sistema di questo tipo non è stata facile, visti gli ingenti costi che avrebbe comportato. Tuttavia, la nuova generazione della famiglia, convinta delle potenzialità di tale sistema, è riuscita a far comprendere alla generazione precedente, titubante all'idea di un salto così importante, il valore aggiunto che avrebbe apportato all'azienda.

Con l'azienda sviluppatrice del nuovo sistema, chiamato Compass, si è deciso di partire dalla divisione Cortubi, in quanto fornitrice di prodotti più complessi rispetto alle altre divisioni del Gruppo e allo stesso tempo per via della presenza di diverse tipologie di linee produttive. L'idea era quella di individuare una linea "pilota" dello stabilimento sulla quale sviluppare l'analisi e la costruzione del sistema in modo che questa potesse servire come feedback per le altre linee dello stabilimento e anche per le linee degli altri stabilimenti.

Per lo stabilimento di Cortubi è stata scelta come "progetto pilota" la linea di assemblaggio di un particolare sistema di scarico chiamato CCM. Nel capitolo successivo verrà data una breve descrizione della linea in questione.

4.2.1 Descrizione della "linea pilota"

La linea CCM è una linea di assemblaggio dove vengono prodotti sistemi di scarico destinati a macchine agricole per il cliente CNH Industrial.

L'assemblaggio di tali prodotti avviene principalmente andando a saldare sulle celle di saldature i componenti del silenziatore insieme alla parte catalizzata. Ogni silenziatore deve rispettare vincoli di tenuta, ossia si deve certificare che dalle saldature non fuoriescano gas se non in una determinata percentuale prestabilita. Questo tipo di verifica avviene durante il processo in diversi step utilizzando apposite macchine che, oltre a certificare la tenuta di ogni silenziatore, si occupano anche della rintracciabilità del prodotto.

La linea si sviluppa per una lunghezza di circa 30 metri nella quale il prodotto viaggia nelle diverse stazioni fino alla stazione finale dove viene imballato e spedito a magazzino. Sulla linea sono presenti quattro operatori ognuno dei quali ha un ciclo di lavoro prestabilito e un tempo entro il quale il ciclo deve terminare.

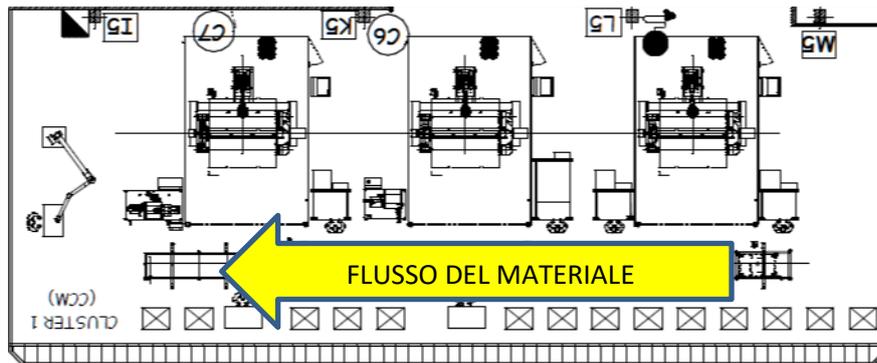


Figura 15: nella figura è rappresentato il layout della linea pilota CCM con l'indicazione del flusso del materiale sulla linea

Le macchine che costituiscono la linea sono:

- **Isole robotizzate di saldatura:** si tratta di robot antropomorfi a 6 assi che gestiscono un sistema MIG e vengono asserviti da uno speciale dispositivo a 2 aree di lavoro: una è riservata alle operazioni di carico e scarico manuali, mentre l'altra viene utilizzata per la saldatura. Al termine del ciclo la destinazione d'uso delle due aree viene invertita. Nelle due tavole rotanti vengono posizionate le attrezzature sulle quali vengono inseriti i componenti che devono essere saldati. Il compito dell'operato è essenzialmente quello di caricare e scaricare le attrezzature e avviare il ciclo produttivo del robot. Trattandosi di saldature complesse e lunghe, il tempo di saldatura di queste celle robotizzate difficilmente scende sotto i 10 minuti; per questo motivo all'operatore vengono abbinare altre attività in quel lasso di tempo in modo da poterlo saturare;

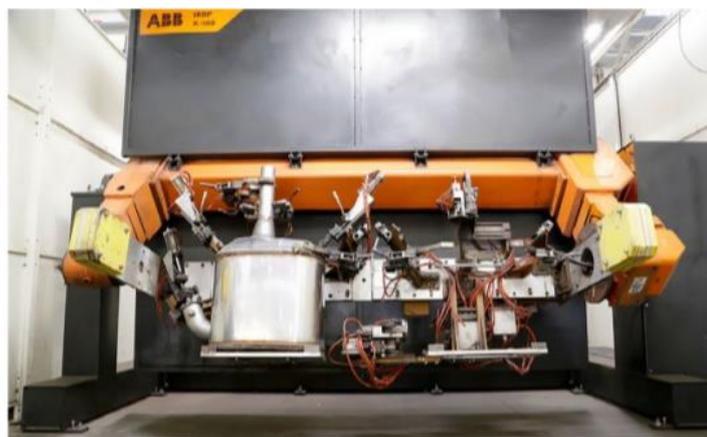


Figura 16: l'immagine rappresenta un esempio di isola robotizzata a saldatura MIG

- **Presse di piantaggio verticali:** il silenziatore di scarico è formato da diverse cover di metallo, queste vengono inserite durante il processo di assemblaggio mediante presse verticali. Le presse vengono caricate dagli operatori manualmente mediante l'ausilio di organi di presa. Una volta caricato il silenziatore e posizionata la cover da piantare, l'operatore avvia il ciclo di piantaggio automatico mediante un comando a doppia pulsantiera. Terminato il piantaggio il silenziatore viene scaricato e posizionato nella stazione successiva;



Figura 17: esempio di una pressa di piantaggio verticale usata nel processo di assemblaggio

- **Macchine di prova tenuta:** come detto in precedenza, all'interno del processo di assemblaggio dei silenziatori è richiesto il controllo in diversi step della qualità delle saldature. Questo controllo avviene mediante banchi di prova



Figura 18: nell'immagine è rappresentata un esempio di macchina utilizzata per il test della tenuta

dove viene posizionato il silenziatore e con uno strumento di misura si va a fluxare aria ad una determinata pressione fino al riempimento di tutta la camera. A questo punto si va a controllare che la possibile fuoriuscita di aria, in un determinato arco di tempo, non sia superiore ad un prestabilito valore espresso in litri/minuto. Se il test viene superato il sistema di scarico viene rilasciato e può concludere il suo ciclo di lavorazione, se non viene superato, al contrario, sarà necessario rintracciare la perdita, ripararla ed eseguire nuovamente la prova.

Sulla linea in questione sono presenti quattro robot di saldatura, quattro presse di piantaggio e due macchine di prova tenuta. I quattro operatori della linea devono avviare il ciclo di saldatura del robot, caricando e scaricando i componenti, e nel tempo durante il quale il robot salda, essi completano le attività di piantaggio e controllo della tenuta. Per poter saturare al meglio la linea è fondamentale che il ciclo dei robot non venga mai interrotto altrimenti si rischia di fermare la linea e non garantire le quantità prefissate nei turni di lavoro. Per poter garantire sia la saturazione macchina dei robot che la saturazione degli operatori è fondamentale l'attività di bilanciamento svolta dall'Ufficio Tempi e Metodi. Partendo dai tempi ciclo di saldatura dei robot, che tendenzialmente sono i colli di bottiglia della linea, l'ufficio Tempi e Metodi stabilisce il ciclo produttivo dell'operatore definendo un carico di lavoro che non ecceda mai il tempo di saldatura del robot.

Durante gli incontri con l'azienda realizzatrice del software è stato fondamentale analizzare il ciclo di lavoro della linea di assemblaggio in modo da capire quale fosse la corretta sequenza delle operazioni e per ogni operatore definire il perimetro delle sue attività, così da stabilire il punto di inizio e di fine del suo ciclo di lavoro.

4.2.2 Analisi del processo produttivo e raccolta dei segnali

Per poter comprendere al meglio le funzionalità da implementare nel nuovo sistema MES è stato necessario partire dallo studio del processo produttivo della linea in analisi e definire quali fossero i segnali che si intendeva prelevare per ogni stazione.

Sono state organizzate delle riunioni di avanzamento tra il team di Cornaglia e l'azienda informatica incaricata di sviluppare il software, durante le quali sono state definite le modalità operative di scambio dati e informazioni. Durante queste sessioni di analisi i temi principali trattati possono essere suddivisi in due macro-categorie:

- analisi del processo produttivo e delle procedure di raccolta dei dati di avanzamento:
 - fasi del processo produttivo per famiglia di articolo e risorse coinvolte
 - risorse di produzione (macchine / linee)
 - attività macchina da monitorare (attrezzaggio, lavorazione, fermi, ...)
 - attività manodopera da rilevare
 - informazioni da rilevare (tempi, quantità, materiali, ...)
 - gestione ordini di produzione e completezza dei cicli di lavoro sul sistema
 - reportistica

- analisi e progettazione dell'infrastruttura hardware per la raccolta dei segnali macchina:
 - segnali / dati macchina che si desidera acquisire e che si possono acquisire
 - definizione puntuale della modalità di acquisizione dei segnali per ogni risorsa produttiva
 - definizione della dislocazione dei pannelli operatore
 - progettazione dell'infrastruttura HW

Negli incontri relativi al progetto pilota della linea CCM è emersa la necessità di definire quale metrica utilizzare per il calcolo dell'OEE (Overall Equipment Effectiveness). L'OEE è un indicatore dell'efficienza delle macchine, e di conseguenza della produttività dello stabilimento. La macchina ideale e completamente efficace dovrebbe lavorare tutto il tempo (o finché necessario) alla velocità massima o standard, senza generare alcun tipo di problema circa la qualità dei prodotti. Tuttavia, la maggior parte delle macchine non raggiunge queste condizioni ideali, in quanto subiscono vari arresti e producono spesso pezzi difettosi. Questi problemi sono la causa della riduzione dell'efficienza delle macchine misurata dall'OEE. Le condizioni che causano questi problemi sono chiamate "equipment-related losses" (perdite relative alle apparecchiature).

Per la definizione dell'OEE è importante capire cosa si intende per velocità teorica di una linea. La velocità teorica di un macchinario è quella dichiarata dal costruttore per tipologia di prodotto. Questa definizione non è però sufficiente, infatti, per una linea va considerata la velocità della macchina più lenta e il suo valore va moltiplicato per quello dell'efficienza globale della linea (composta dalle efficienze di tutte le macchine che ne fanno parte).

Il calcolo dell'OEE è dato dalla seguente formula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità}$$

L'OEE è il prodotto di tre indicatori percentuali che rappresentano le tre componenti fondamentali della performance:

- Disponibilità: percentuale dell'effettivo tempo di attività rispetto a quello disponibile;
- Prestazione (o rendimento): percentuale di parti prodotte rispetto alla potenzialità teorica, quando l'impianto è attivo (corrisponde alla velocità effettiva rispetto alla velocità nominale);

- Qualità: percentuale di parti conformi rispetto al totale delle parti prodotte.

L'OEE è quindi un numero adimensionale (%) che tiene conto quindi delle tre principali categorie di perdite produttive:

- Guasti, setup e attrezzaggi;
- Riduzione di velocità e micro-fermate;
- Scarti, rilavorazioni e perdite di resa all'avviamento.

La figura seguente mostra lo schema di come la Coraglia Spa intende calcolare l'OEE per i suoi impianti:



Figura 19: la figura rappresenta lo schema di calcolo dell'indicatore OEE

- **Inactive Loss:** rappresentano le perdite di produzione a causa di una mancata programmazione della linea;
- **Setup Loss:** rappresentano le perdite di produzione dovute ai set-up sulla linea per il cambio attrezzature;
- **Performance Loss:** rappresentano le perdite di produzione causate da guasti o rallentamenti dovuti all'approvvigionamento dei materiali sulla linea di assemblaggio;

- **Efficiency Loss:** rappresentano le perdite di produzione causate da pezzi non conformi agli standard qualitativi richiesti o da rallentamenti delle macchine.

4.2.3 Le procedure di raccolta dati

Per poter calcolare correttamente l'OEE è importante recepire dalle macchine i segnali che alimentano i fattori di calcolo. A tale scopo è stato necessario definire delle procedure di raccolta dei dati, quali:

- **Inizio/fine della lavorazione:** l'operatore mediante lettore badge effettua il login e seleziona l'ordine di lavoro che dovrà processare. Una volta terminata la lavorazione dichiara il fine lavorazione;
- **Inizio/fine attività di set-up:** procedura simile a quella precedente solamente che in questo caso si va a determinare il tempo di set-up. La procedura deve essere avviata solamente se si tratta di un set-up significativo e, nel caso in cui l'operatore affianchi l'addetto al set-up, è necessario avviare la procedura di affiancamento. Al termine del set-up è prevista una procedura di avviamento dove vengono prodotti i primi pezzi del nuovo codice che dovranno essere controllati dalla qualità;
- **Inizio/fine fermo macchina:** nel caso in cui durante il ciclo di lavoro si verifichi un fermo della macchina l'operatore deve avviare la procedura di inizio fermo. Questa procedura può essere avviata mediante una modalità esplicita, ossia dalla macchina arriva un segnale esplicito di fermo e il sistema viene posto in stato di fermo in maniera automatica. In alternativa può esserci una modalità implicita di rilevazione del fermo, nel senso che se la macchina non conta pezzi per un terminato arco di tempo implicitamente vuol dire che non sta funzionando. Per poter terminare la fase di fermo è necessario inserire una causale tra quelle inserite a sistema che vada a catalogare la tipologia di fermo;
- **Dichiarazione scarti:** la procedura può essere attivata automaticamente se la macchina restituisce un segnale di scarto. Nel caso in cui la macchina non è in grado di fornire tale segnale è necessario avviare la procedura manualmente su richiesta dell'operatore. Durante la procedura di scarto viene richiesto il codice del prodotto da scartare, la quantità e la causale che ha generato lo scarto;
- **Ingresso/uscita in squadra:** alcune lavorazioni necessitano la presenza di due operatori. I singoli operatori devono entrare in squadra quando arrivano sulla

postazione e uscire dalla squadra quando termina il loro turno. Il sistema ripartisce automaticamente i pezzi prodotti nell'ambito del turno di lavoro su tutti gli operatori che hanno partecipato alla squadra, proporzionalmente al tempo di appartenenza alla squadra di ogni operatore;

- **Conteggio dei pezzi:** per poter determinare il numero di pezzi prodotti in ogni postazione viene identificata la macchina che esegue l'ultima operazione e da questa viene inviato un segnale al sistema che incrementa la quantità prodotta. Nel caso in cui l'operazione svolta non è legata ad una macchina ma è un'operazione manuale in quel caso è l'operatore che deve dichiarare sul sistema la quantità prodotta;
- **Versamento prodotti finiti e semilavorati:** nel processo di assemblaggio sono state individuate le postazioni in cui è stato reso necessario il versamento del prodotto e del semilavorato. Per il versamento del prodotto finito la procedura va a identificare la quantità prevista nella scheda imballo e ogni volta che vengono prodotte quantità multiple della scheda imballo invia un segnale al sistema. Per quanto riguarda il semilavorato il segnale viene inviato ad ogni pezzo prodotto nella stazione sulla quale è previsto il punto di versamento. Tale procedura può essere svolta anche manualmente dall'operatore laddove non sia possibile inviare direttamente il segnale dalla macchina.

4.2.4 Il flusso di informazioni fra il MES e il sistema informativo aziendale

Uno dei passi più delicata nell'implementazione di un sistema MES è l'integrazione con il sistema informativo aziendale. Le aziende hanno definito i loro sistemi informativi in base alle esigenze della struttura, non pensando alla loro possibile futura integrazione con altri sistemi, quali ad esempio i MES. Durante lo sviluppo del progetto in Cornaglia si è così dovuto cercare di integrare il sistema MES Compass con il sistema informativo aziendale MD2.

Partendo dagli ordini dei prodotti finiti richiesti dal cliente, vengono generati gli ordini di produzione sul sistema informativo aziendale (MD2), questi ordini vengono inviati all'ufficio programmazione il quale ha il compito di definire il piano di produzione settimanale. Una volta definito il piano di produzione, il programmatore invia gli ordini di lavoro al sistema MES (Compass), il quale in base alle priorità ricevute va ad attribuirli ai centri di lavoro in produzione. Avviata l'attività produttiva il MES riceve l'avanzamento della produzione dai vari centri di lavoro e invia i dati al sistema informativo MD2, il quale aggiorna i dati di magazzino andando a scaricare i componenti utilizzati e ad incrementare le quantità di prodotto finito pronte per la spedizione.

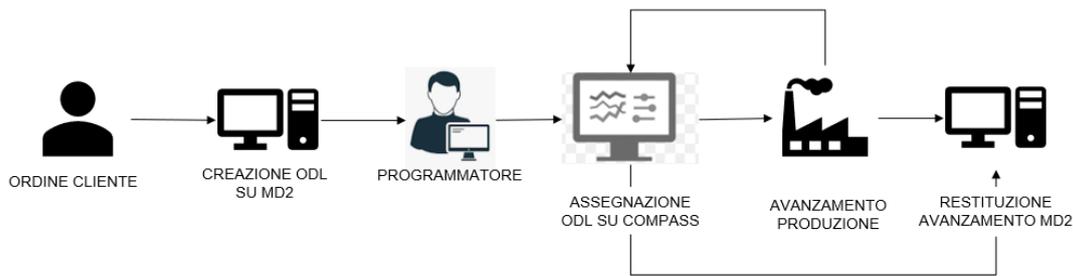


Figura 20: schema di flusso delle informazioni scambiate tra le varie funzioni aziendali e il sistema MES

Dunque, il sistema Compass svolge il ruolo di intermediario tra il sistema di produzione aziendale e i centri di lavoro presenti nelle varie linee di produzione.

Il fatto di comunicare direttamente con le varie macchine non è un fattore da sottovalutare in quanto non tutte le macchine sono in grado di restituire i dati desiderati. Una delle principali cause che impediscono questo tipo di collegamento è la presenza di un PLC (Programmable Logic Controller) obsoleto o mancante. In alcuni casi, inoltre, i fornitori delle macchine non sono più presenti sul mercato divenendo così impossibile l'aggiornamento del software.

Allo stesso modo non è possibile intervenire nella parte hardware, che presenta anch'essa i suoi limiti. Negli anni è cambiato il numero e la tipologia di porte necessarie che un macchinario deve avere per collegarsi con altri dispositivi. Può quindi accadere che un MES non sia in grado di collegarsi ad una macchina poiché manca una porta fisica a cui connettersi.

Un altro aspetto riscontrato durante la fase di analisi è che alcuni degli impianti non sono forniti di un PLC e quindi in questo caso il collegamento sarebbe davvero impossibile da implementare. Inizialmente, per i centri di lavoro che presentavano PLC obsoleti, si era pensato di chiedere al fornitore di aggiornarlo per renderlo interfacciabile con il sistema MES. Questa soluzione, tuttavia, non era economicamente sostenibile e vantaggiosa per il numero di macchine oggetto dell'intervento e per i costi elevati della riprogrammazione.

A questo punto la Cornaglia Spa si è trovata di fronte ad un problema: poteva disporre di un sistema di controllo e monitoraggio della produzione dal quale estrapolare tutti i dati di cui necessitava, ma senza poterlo interfacciare direttamente con le macchine. Per questa ragione è stato necessario introdurre sistemi di interfacciamento IoT (Internet of Things) in modo da poter trasformare segnali analogici, rilevati dai sensori posti sulle macchine, in formato digitale così da poterli poi inviare al sistema di monitoraggio e controllo della produzione.

I sistemi di interfacciamento IoT sono oggetti intelligenti in grado di ricevere e trasferire dati su reti, senza richiedere interventi manuali. Ciò si ottiene integrando dispositivi di elaborazione provvisti di sensori. Un tipico sistema IoT funziona grazie all'invio, alla ricezione e all'analisi dei dati in un ciclo continuo di feedback. A seconda del tipo di sistema IoT, l'analisi può essere eseguita tramite intervento manuale o da tecnologie di intelligenza artificiale e machine learning (AI/ML), in tempo reale o nel lungo periodo.

I dati del più recente studio condotto dall'Osservatorio Internet of Things della School of Management del Politecnico di Milano parlano chiaro: il mercato IoT è in picchiata,

nel 2019 è cresciuto del 24%, oggi vale 6,2 miliardi di euro. Il segmento I-IoT (Industrial IoT) è in crescita soprattutto per le grandi aziende che vantano una maggiore conoscenza delle soluzioni IoT.

Il settore numero uno in termini di progetti avviati è il segmento delle lavorazioni meccaniche (73%). Il maggior campo di applicazione nell'Industria 4.0 è la Smart Factory (51% dei casi) per il controllo in tempo reale della produzione, manutenzione preventiva e predittiva.

Per poter implementare tale struttura hardware e software la Cornaglia Spa ha deciso di intraprendere una collaborazione con altre tre aziende leader in questo campo: TIM, Olivetti e Alleantia. Poiché TIM era già presente in azienda come fornitore di servizi di data center e virtualizzazione dei server, è apparso da subito come l'interlocutore ideale. Tanto più per il fatto che poteva vantare un'esperienza consolidata nello sviluppo di progetti innovativi, tra cui Smart Factory 4.0, condotto in collaborazione con Olivetti e Alleantia.

Le esigenze da colmare erano:

- armonizzazione del flusso di dati proveniente dal MES;
- integrazione delle informazioni sul ciclo produttivo;
- raccolta dati per ottimizzare la manutenzione.

La soluzione raggiunta da questo progetto è stata:

- Installazione di Cinque istanze software Smart Factory 4.0, su altrettante macchine virtuali (VM), sull'hardware esistente del gruppo Cornaglia;
- Installazione di due VM per ogni stabilimento, dimensionate per connettere le linee e le macchine degli stabilimenti al fine di acquisire i dati di produzione;
- Interfaccia verso il sistema MES (SQL Server + REST API) per l'invio dei dati di produzione e per la loro ricezione su lotto analizzabile con uno specifico gestionale;
- Servizio di training e supporto per il deploy svolto in stretta collaborazione con il gruppo.

Per quanto riguarda invece l'interfacciamento con le macchine si è deciso di utilizzare dispositivi denominati ADAM, prodotti dalla multinazionale Advantech. Gli ADAM sono moduli di acquisizione dati per il mondo industriale e si differenziano in famiglie per il tipo di protocollo di comunicazione attraverso il quale trasferiscono le informazioni raccolte tramite gli ingressi digitali, analogici e relay. Questi moduli vengono installati direttamente sulle macchine dalle quali sono in grado di ricevere segnali di ingresso in formato analogico e trasferirli in un database in formato digitale. A questo punto il sistema creato da TIM-Alleantia-Olivetti si occupa di andare a leggere i dati in queste tabelle, ricodificarli e inviarli al sistema MES.

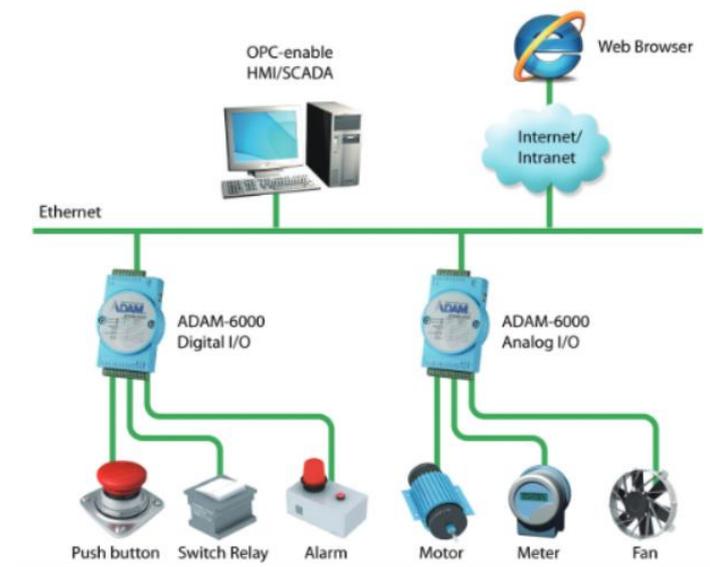


Figura 21: utilizzo dei dispositivi ADAM per la raccolta dei segnali dalle macchine e la loro connessione con il sistema

Questo sistema ha permesso di interfacciare tutte le macchine presenti sulle diverse linee di assemblaggio. In questo modo è stato possibile monitorare direttamente lo stato delle macchine al fine di intercettare eventuali malfunzionamenti o fermi. È stato così possibile abbattere notevolmente i costi del progetto in quanto non era più necessario intervenire direttamente sulla programmazione del PLC. Per quanto riguarda l'archiviazione dei dati, è stato previsto un database dedicato per l'inserimento e l'interrogazione dei dati provenienti dalle macchine. Il sistema MES va ad interrogare questo database ogni dieci secondi andando ad aggiornare i dati di produzione.

4.2.5 La configurazione della “linea Pilota”

Una volta definita la modalità di acquisizione dei segnali e stabilito come strutturare l'interconnessione tra i vari sistemi, l'attività successiva è stata quella di analizzare nel dettaglio il processo produttivo della linea pilota per poter costruire le procedure di raccolta dati in maniera efficace.

Si è partiti con lo studio dei cicli di lavoro di ogni postazione: analizzando il flusso del prodotto all'interno di ogni linea si è cercato di definire, in base alla tipologia di macchina, quali segnali fosse utile ricevere e in che modalità. Per questo motivo per ogni fase del ciclo è stato definito un modulo standard nel quale inserire le seguenti informazioni:

- **Codice centro di lavoro:** è il codice alfanumerico con il quale è stato caricato il centro di lavoro sul sistema informativo. Periodicamente il sistema Compass va ad interrogare il sistema MD2 andando ad aggiornare la lista dei centri di lavoro ed eventuali modifiche sui cicli;

- **Tipologia di centro:** ossia indicare se si tratta di una linea formata da più macchine o se invece si tratta di una macchina singola. In base alla tipologia vengono applicate procedure differenti per il reperimento dei dati utilizzati poi negli indici di monitoraggio;
- **Procedura di entrata:** indicare se si tratta di una lavorazione svolta da una persona sola o se invece è necessario la procedura di squadra;
- **Conteggio pezzi:** definire se il conteggio dei pezzi avviene direttamente dalla macchina o se invece è l'operatore che va ad inserire il numero di pezzi processati. Nel caso in cui il conteggio avvenga direttamente dalla macchina, identificare in quale punto del ciclo si vuole che avvenga il conteggio;
- **Sistema di reperimento dati:** per ogni macchina della linea definire la modalità di raccolta dei dati, se direttamente utilizzando il PLC della macchina o se necessario introdurre il dispositivo ADAM descritto nei capitoli precedenti;
- **Monitor operatore:** indicare il numero e la posizione dei pannelli operatori in modo che questi siano facilmente accessibili dagli operatori della linea durante il ciclo di lavoro;
- **Versamento:** identificare in quali postazioni deve essere previsto il versamento dei pezzi finiti a magazzino e se sono previste postazioni di versamento del semilavorato;
- **Segnali macchine:** vengono indicati quali segnali si ha necessità di prelevare dalle macchine durante il ciclo di lavoro. I segnali prelevati variano in funzione della tipologia della macchina e del ciclo da essa svolto.

Fase	Centro di lavoro	Tipologia centro	Operatore / Squadra	N° Terminale	Contatore	Strumento contatore	Versamento
10	CTLIN294	LINEA	Singolo	1	CTV00541	ADAM	NO
20	CTLIN295	LINEA	Singolo	2	CTV00542	ADAM	SEMILAVORATO
30	CTV00543	LINEA	Squadra	3	CTX00254	ADAM	FINITO

Figura 22: esempio di schema standard utilizzato durante il processo di analisi per l'implementazione del software Compass

Questo modulo standard è stato utile in fase di espansione sulle altre linee, rendendo molto più semplice e intuitivo il processo di analisi. Al termine di ogni studio questa documentazione veniva condivisa con il fornitore del software in modo che egli potesse strutturare la parte di programmazione delle procedure.

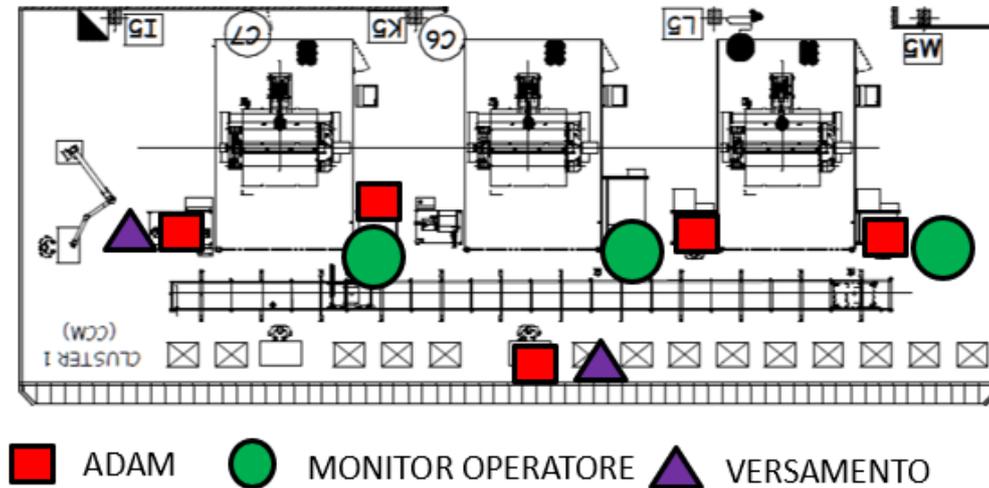


Figura 23: strumento utilizzato durante l'analisi di processo per identificare il numero di dispositivi e la loro collocazione all'interno della linea

La figura soprastante rappresenta l'esempio di uno schema riassuntivo creato alla fine di ogni processo di analisi per evidenziare: il numero di monitor da installare e la loro posizione, il numero dei dispositivi ADAM da inserire sulle rispettive macchine e i punti di versamento. Nell'esempio rappresentato in figura si può notare che per quanto riguarda i robot di saldatura non è stata necessaria l'installazione del dispositivo ADAM in quanto già dotati di PLC direttamente configurabile con il sistema MES. Terminata la fase di analisi della linea pilota, il fornitore del software ha iniziato la fase di creazione del sistema di monitoraggio in accordo alle procedure descritte in precedenza. Parallelamente è stata approvvigionata e montata la strumentazione hardware sulle macchine, creando al contempo la cablatura di rete. Una volta completata la parte software è stata lanciata una simulazione in un ambiente di test per verificare che le procedure implementate funzionassero correttamente e che dalle macchine arrivassero correttamente tutti i segnali. A questo punto il sistema era pronto per essere implementato ma occorreva ancora uno step importante del processo: la formazione.

4.2.6 La formazione del personale

La formazione del personale rappresenta uno dei passaggi chiave che un'azienda ha bisogno di attuare per essere competitiva in un mondo in cui i cambiamenti avvengono con estrema rapidità. Potenziando al massimo le *skills* dei propri lavoratori è possibile puntare ad una maggiore competitività strategica sul mercato. Investire in formazione significa inoltre fornire ai dipendenti la motivazione e le competenze per svolgere i propri compiti nel modo migliore possibile. In particolare, gli obiettivi di una corretta formazione del personale possono riassumersi in:

- Far acquisire al personale conoscenze e competenze all'avanguardia;
- Colmare lacune derivate da cambiamenti di qualsiasi natura;
- Sviluppare i talenti dimostrati dai dipendenti in ambito lavorativo.

Quando si parla di formazione è importante sempre ricordare che ciò che si sta facendo è un investimento per la propria azienda: lavoratori più qualificati e preparati producono di più, lavorano in maniera più qualitativa e ricevono stimoli a proseguire positivamente. In un'epoca dinamica e fondata sui *social media* come quella che stiamo vivendo, gli strumenti per la formazione aziendale risultano essere potenzialmente infiniti.

Nel caso specifico, il momento di formazione del personale in occasione dell'implementazione del sistema MES ha toccato quasi tutti i livelli della gerarchia aziendale. L'introduzione di tale sistema è andata a modificare una serie di routine consolidate da diversi anni sia in ambito gestionale che produttivo. Per queste ragioni è stato importante implementare il sistema per step, si è partiti dalla "linea pilota" per arrivare a diffondere le *best practices* apprese sulle linee implementate successivamente.

Anche il processo di formazione svolto dall'ufficio HR (Human Resources), in collaborazione con i tecnici sviluppatori del programma Compass, si è svolto per step. Dapprima ci si è concentrati sulla formazione del personale indiretto, quello che avrebbe utilizzato il sistema quotidianamente, ossia: responsabile di produzione, capi reparto, team leader, programmatore aziendale e *controller* di stabilimento. Successivamente, è toccato al personale diretto di produzione della "linea pilota". Le tecniche utilizzate per spiegare l'utilizzo dei dispositivi e delle procedure sono state molteplici:

- Formazione in aula;
- Video tutorial;
- Moduli SOP (*Standard Operating Procedure*);
- Test per la verifica dell'apprendimento.

Gli operatori dovevano imparare ad usare in maniera corretta i monitor operatore sia per quanto riguarda l'autenticazione, che per le procedure da attivare durante il ciclo di lavoro. Questo avrebbe permesso di eliminare la gestione cartacea delle autodichiarazioni, riducendo l'impatto degli errori di compilazione.

In maniera analoga, però, gli operatori dovranno utilizzare in maniera corretta tutte le procedure implementate sul sistema in modo da non provocare errori che si ripercuoterebbero sulla fase di analisi dei dati.

Terminata la fase di formazione, il personale ha potuto svolgere una simulazione in remoto sull'utilizzo dei pannelli operatori, in modo da mettere in pratica quando appreso e colmare eventuali lacune.

In seguito, una volta terminata l'installazione della parte hardware, è stato possibile testare direttamente sulla linea il funzionamento del sistema Compass.

4.2.7 Il funzionamento del sistema MES sulla “linea pilota”

Come detto in precedenza, alla fine del periodo di formazione e dell'installazione di tutta la strumentazione hardware, è stato organizzato un turno di lavoro sulla linea pilota per poter testare “sul campo” il sistema Compass.

Di seguito saranno descritti gli step principali del processo:

- **Generazione Odl:** il gestionale aziendale MD2 una volta ricevuti i programmi dei vari clienti va a creare gli ordini di lavoro per i vari centri di lavoro. Il programmatore aziendale, in accordo alla saturazione macchine e alla disponibilità dei componenti, va a confermare o modificare gli ordini di lavoro. Una volta definiti gli ordini, il sistema Compass va ad attribuire gli ordini di lavoro sulle varie macchine in base alla priorità assegnata;

Macchina	Descrizione	Priorità di assegnazione	Fase	Descrizione fase	Quantità fase	Ordine produzione
CTLIN254	LINEA ASS.CPL.APH	1	10	FORMAZ.SIL.IMP.A	226	1044867020
CTLIN255	ISOLA SFLANG.FSC<	2	16	FORMAZ.SIL.IMP.A	20	1044856170
CTLIN256	1 LINEA CLUSTER 1	3	10	SLD ROBOT 1	20	1044882480
CTLIN257	2 LINEA CLUSTER 1	4	10	FORMAZ.SIL.IMP.A	18	1044877000
CTLIN258	3 LINEA CLUSTER 1	5	10	SLD ROBOT 1	64	1044882470
CTLIN259	5 LINEA SLD CLASS 1	6	10	SLD ROBOT 1	63	1044866990
CTLIN260	7 LINEA SLD CLASS 1	7	10	FORMAZ.SIL.IMP.A	76	1044867030

Figura 24: l'immagine mostra la schermata del software Compass dove vengono caricati gli ordini di lavoro e la loro priorità sui centri di lavoro

- **Autenticazione operatore e selezione Odl:** nel caso specifico, come spiegato in precedenza, la linea è formata da tre centri di lavoro sui quali sono presenti quattro operatori. All'arrivo in postazione la prima attività prevista dall'operatore è effettuare il login sul centro di lavoro mediante il proprio badge aziendale. Il sistema Compass controlla che l'operatore sia abilitato a lavorare su quel centro di lavoro prelevando i dati dalle matrici di polivalenza caricate nel database. Nel caso in cui l'operatore non sia idoneo a lavorare su quel centro, il sistema propone di avviare un periodo di affiancamento entrando nell'apposita sezione e successivamente parte un breve video di formazione sulle attività da svolgere. Una volta cliccato sul pulsante di “avvio lavorazione” all'operatore vengono proposti tutti gli Odl caricati su quel centro in base alla

priorità definita dal programmatore. A quel punto per poter avviare la macchina è sufficiente cliccare sull'Odl desiderato e iniziare il ciclo produttivo;

- **Monitoraggio ciclo produttivo:** una volta avviata la macchina, l'operatore procede con il suo normale ciclo di lavoro. Sui monitor operatore viene monitorato l'andamento del ciclo; il pannello può essere suddiviso in tre macro-sezioni:

- 1) Nella partizione uno, sulla sinistra dello schermo, si trovano i dati generali del prodotto e della macchina, oltre al nominativo dell'operatore. Sempre in questa sezione viene identificato il codice dell'ordine di lavoro selezionato e la fase di lavorazione prevista sul ciclo di lavoro;
- 2) Nella sezione due, posizionata nel centro del display, si trovano i dati riguardanti le prestazioni del centro di lavoro. Viene mostrato l'andamento dell'OEE, con la sua percentuale colorata di verde se l'andamento è oltre l'80%, di rosso se inferiore. In questa porzione vengono inoltre indicati il numero di pezzi prodotto, gli eventuali pezzi di scarto e la quantità di pezzi che rimangono da processare a completamento dell'ordine;
- 3) Nella sezione tre, posizionata sulla destra del monitor, si trovano tutti i pulsanti di avvio delle varie procedure, quali: avvio fermo macchina, versamento, fine lavorazione, avvio set-up.

Per rendere più visibile l'andamento dei vari centri di lavoro si è deciso di colorare lo sfondo, in corrispondenza del codice del centro, in base allo stato della macchina: verde indica che il centro è in lavorazione, rosso che è in fermo e giallo che è in fase di set-up. Questo permette agli operatori e ai team leader di avere sott'occhio le prestazioni dei vari centri e di intervenire in caso di necessità;

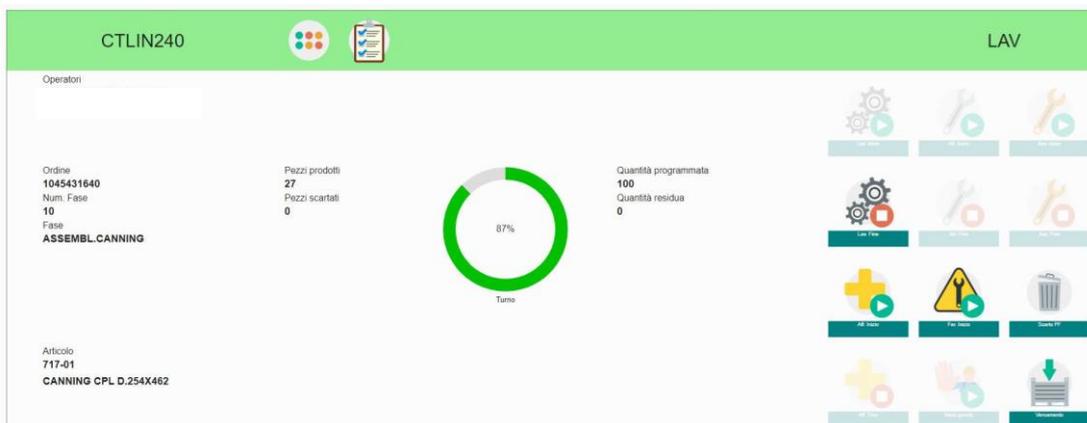


Figura 25: esempio di schermata visualizzata durante il ciclo produttivo dove l'operatore avvia le procedure e controlla lo stato della macchina

- **Avvio procedure:** durante lo svolgimento del test è emersa l'esigenza di avviare la procedura di fermo. Una volta avviata la procedura di fermo l'operatore deve indicare la causa di fermo scegliendo tra quelle presenti nel menù a tendina. Una volta risolta la causa di fermo, l'operatore dichiarerà il fine del fermo e la macchina tornerà in funzione. Il tempo di fermo ovviamente andrà ad influire sull'OEE della macchina. Se il fermo viene attribuito ad un guasto dell'impianto, viene avviata automaticamente la procedura di guasto dove viene richiesto l'intervento di un manutentore. Il manutentore dovrà intervenire sulla macchina e, una volta risolto il guasto, dovrà indicare la causa di guasto scegliendo tra quelle inserite a sistema;
- **Versamento:** terminata l'ultima operazione del ciclo produttivo, il sistema richiede il versamento del prodotto finito a magazzino, scaricando tutti i componenti utilizzati. Il sistema prevede anche, in alcune postazioni prestabilite, il versamento del semilavorato. La macchina in automatico propone all'operatore la quantità da versare e quest'ultimo dovrà solamente confermarla o modificarla, è il caso, ad esempio, della presenza di pezzi di scarto;
- **Termine del ciclo produttivo:** una volta terminato il turno di lavoro, o nel caso in cui l'operatore debba essere spostato su un'altra macchina, è necessario procedere con il logout sul sistema;
- **Avvio attività "indirette":** può succedere che, una volta terminata l'attività produttiva su un centro di lavoro, venga chiesto all'operatore di eseguire alcune attività chiamate "indirette". Sono chiamate così perché normalmente vengono svolte da operatori indiretti, quelli che non svolgono attività produttive. Essendo attività che non portano valore aggiunto per il cliente devono essere autorizzate dai capi reparto. Il responsabile di reparto, entrando sul sistema Compass, può autorizzare l'operatore a svolgere una di queste attività, scegliendole da un menù a tendina. Negli incontri settimanali vengono analizzate le ore di queste attività per monitorare l'incidenza delle ore degli operatori indiretti rispetto alle ore di quelli diretti.

4.2.8 Reportistica e Dashboard

Il test svolto sulla linea pilota è stato utile non solo durante la fase di formazione del personale ma anche per il monitoraggio del corretto reperimento dei dati da parte del sistema. In questa fase si è potuto, infatti, controllare che le procedure previste e i segnali posti sulle macchine avessero dato il riscontro atteso in fase di progettazione. La consultazione avviene da parte del *controller* aziendale mediante il software Compass. Attraverso il software è possibile anche intervenire sui dati, andando per esempio a rimuovere eventuali segnali di errore o ad eliminare eventuali anomalie dovute alla non corretta applicazione delle procedure da parte degli operatori. Per rendere più facile e intuitiva la visualizzazione dei dati è stato fornito un software in *cloud* chiamato Power BI, che permette una visualizzazione interattiva dei dati, dando la possibilità di creare report e *dashboard* personalizzati.

Di seguito verranno esplicitati alcuni dei report e delle statistiche disponibili su tale sistema. Questa reportistica viene mostrata mensilmente alla Direzione aziendale, in modo da analizzare l'andamento dei vari indici e la presenza di eventuali criticità. Il software Power BI è suddiviso per sezioni, all'interno delle quali è possibile aumentare il livello di dettaglio delle informazioni richieste. Si può passare, per esempio, da un'analisi di alto livello che riguarda l'andamento dello stabilimento, fino ad arrivare ai dati riguardanti i singoli operatori o le singole macchine.

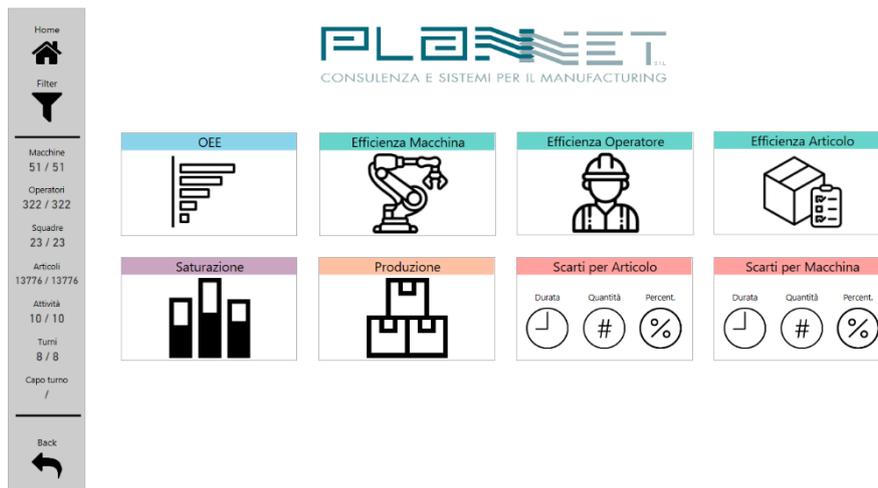


Figura 26: menù iniziale del visualizzatore Power BI nel quale è possibile selezionare l'area interessata dalla visualizzazione

Le aree tematiche che si trovano all'interno del software sono:

- **OEE:** entrando in quest'area si può monitorare l'andamento dell'indicatore OEE, andando a selezionare il periodo di riferimento e il livello gerarchico desiderato. Mediante un diagramma a barre viene mostrato l'andamento dell'indicatore, partendo dalla disponibilità della macchina fino ad arrivare al reale andamento, scorpendo le varie perdite di produttività;

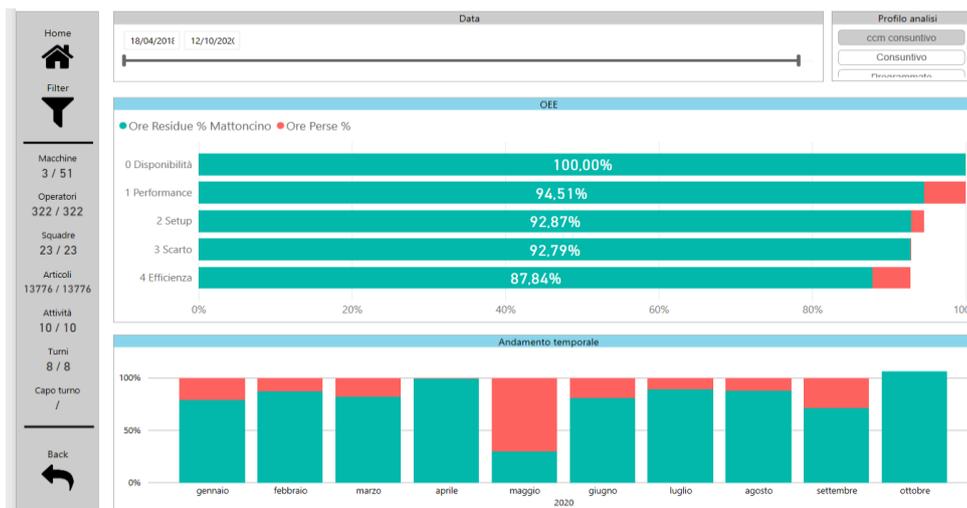


Figura 27: esempio di visualizzazione dati OEE per una linea di assemblaggio in un determinato arco temporale di riferimento

Per ogni livello di perdita è possibile visualizzare il dettaglio e analizzare la causa e la sua entità. Nella stessa videata viene mostrato l'andamento temporale nei vari mesi dell'indicatore OEE, permettendo di capire se gli obiettivi aziendali vengono rispettati;

- **Efficienza macchine:** quest'area del sistema permette di visualizzare le prestazioni di ogni singola macchina. Attraverso il monitoraggio di questi dati è possibile capire se le macchine stanno lavorando in base alla loro capacità o se invece sono presenti dei rallentamenti. Analizzando i rallentamenti è perciò possibile intervenire con progetti mirati di manutenzione ordinaria o straordinaria e avviare manutenzioni predittive sulle macchine;
- **Efficienza operatore:** rispetto al punto precedente qui l'attenzione viene posta sul singolo operatore. In base alle ore lavorate sulle macchine viene mostrato l'andamento in rapporto alle ore versate dei pezzi prodotti. Eventuali scostamenti possono essere causati da fermi o rallentamenti della macchina oppure da inefficienze nel ciclo produttivo. Analizzando l'efficienza operatore è ora possibile avviare progetti di miglioramento per incrementare questo dato, andando a ridurre quelle che sono le attività non a valore aggiunto;
- **Saturazione macchine:** la saturazione delle macchine mostra l'andamento della macchina in un determinato arco di tempo. Vengono mostrati, mediante grafici a pareto, la percentuale di guasti, fermi, set-up e soprattutto inattività. Questo permette ai vari enti aziendali di analizzare quelli di loro competenza ma soprattutto fornisce un quadro generale sulla saturazione macchine dello stabilimento. Questo dato viene utilizzato durante le valutazioni sull'acquisizione di nuovi progetti, evidenziando la possibilità di introdurre lavorazioni di nuovi prodotti su impianti esistenti o la necessità di acquistare macchinari nuovi;

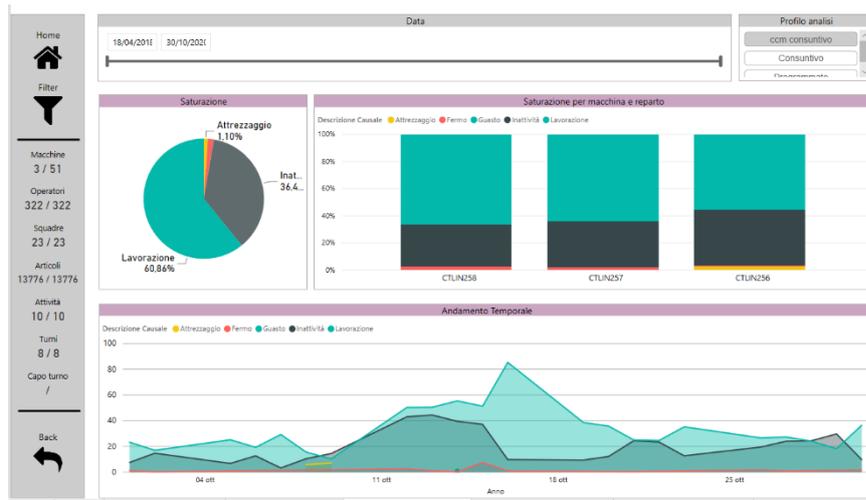


Figura 28: schermata del software Power BI dove vengono mostrate le saturazioni di ogni macchina per uno specifico arco temporale indicato

- Produzione:** entrando in questa sezione è possibile porre l'attenzione sui prodotti. In particolare, viene messo a confronto il numero dei pezzi prodotti rispetto a quelli programmati. Questo avviene per ogni centro di lavoro e può essere analizzato il periodo di tempo desiderato. All'interno di questa area si trova anche l'indicazione dei pezzi scartati con la relativa motivazione. Attraverso questa statistica è possibile monitorare gli scostamenti tra le quantità prodotte e quelle programmate in modo da poter tarare la programmazione degli ordini futuri. A consuntivo è inoltre possibile eseguire analisi sulla percentuale di prodotti scartati e intercettare così possibili punti fuori controllo nel processo produttivo.

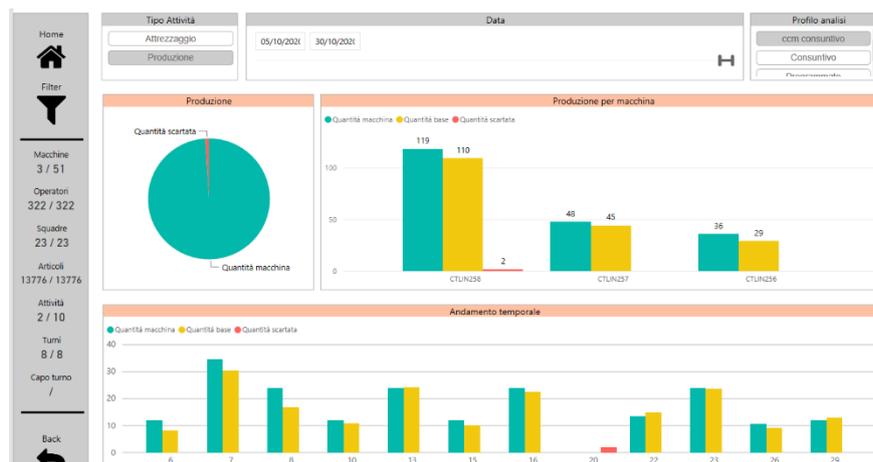


Figura 29: in questa schermata viene mostrato lo status dei pezzi processati per un determinato centro di lavoro. Vengono indicati i pezzi programmati, prodotti e scartati

4.2.9 L'espansione del progetto sulle altre linee

Una volta consolidato il funzionamento del sistema Compass sulla linea pilota è iniziato il processo di espansione verso le altre linee produttive, processo che si completerà a fine 2020 con la copertura completa della divisione Cortubi.

Per poter rendere più efficace tale processo, si è concordato di implementare il sistema Compass dapprima sulle linee di assemblaggio, che occupano circa il 60% dello stabilimento, successivamente sarà mappato il reparto CANNING e da ultimo verranno coperti dal sistema i reparti TUBI e STAMPAGGIO.

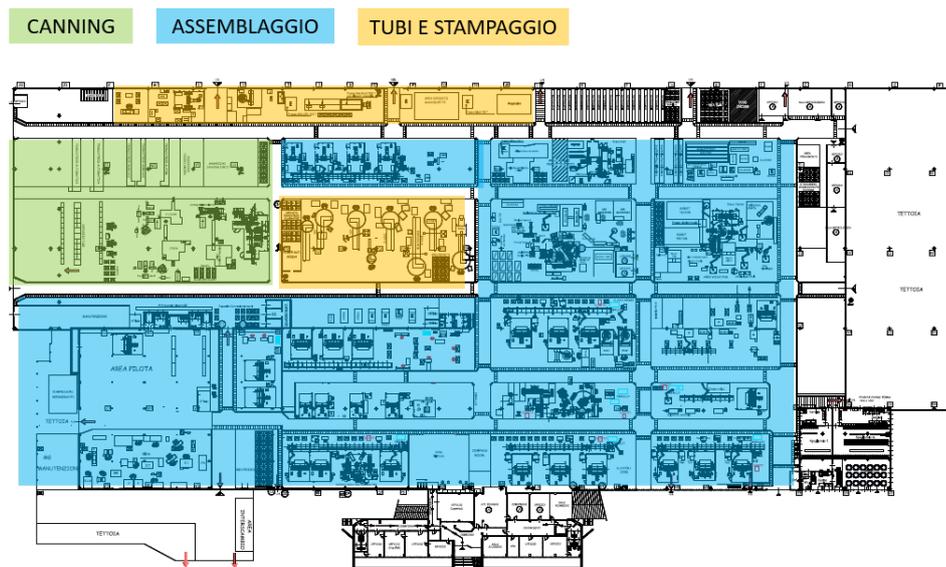


Figura 30: nell'immagine viene mostrato il layout di stabilimento con l'indicazione dei vari reparti e la loro dimensione

Tale scelta è stata ponderata in funzione della complessità di implementazione, ma anche in ragione del numero di macchine presenti in ogni reparto. Il reparto di assemblaggio presenta, infatti, linee molto simili tra di loro che si differenziano per lo più per la tipologia di prodotto. Questa forma di standardizzazione ha reso più rapido il processo di espansione in tale reparto, in quanto le procedure viste sulla linea pilota sono state facilmente replicate sulle altre linee. In circa un anno di lavoro sono state messe sotto *check* linee di assemblaggio per un totale di circa ottanta centri lavoro. Come per la linea pilota, anche sulle altre linee di assemblaggio sono state organizzate giornate di test e di formazione per il personale coinvolto.

Durante l'espansione del sistema sulle linee di assemblaggio è emersa l'esigenza di dover anticipare l'implementazione del sistema Compass sul reparto CANNING. In questo reparto viene assemblato il componente principale del sistema di scarico e quindi la sua programmazione e gestione è di fondamentale importanza. A differenza delle altre linee, qui si trovano macchinari altamente automatizzati e l'operatore in questo caso svolge solamente una funzione di presidio alla macchina. L'alto grado di automazione degli impianti e la loro recente costruzione ha permesso di ricevere molti

dati direttamente dalla macchina e di avere, perciò, l'impianto costantemente sotto controllo così da prendere decisioni importanti in un arco di tempo ristretto.

Diametralmente opposto è stato quello che si è verificato nei reparti di formazione dei tubi e dello stampaggio. Qui l'obsolescenza degli impianti ha inciso fortemente sull'analisi e sull'implementazione del sistema. In alcuni impianti non è stato possibile reperire alcun tipo di informazione dalla macchina pertanto sono state predisposte procedure manuali di autodichiarazione sia per la parte produttiva che per la parte riguardante i fermi o i guasti.

Il processo di mappatura dello stabilimento si è concluso a settembre 2020 a causa dei rallentamenti dovuti alla pandemia da Covid-19 iniziata nei primi mesi dell'anno.

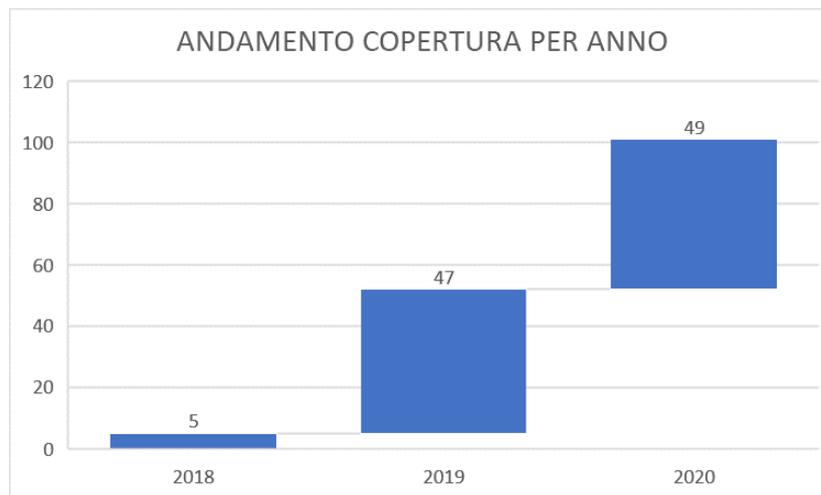


Figura 34: il grafico mostra l'andamento progressivo dell'implementazione del sistema MES sulle macchine dello stabilimento

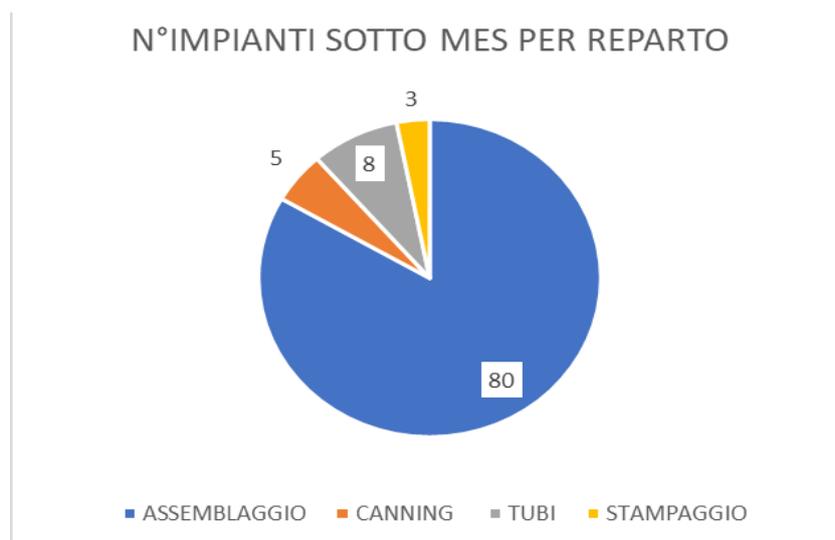


Figura 35: il grafico a torta mostra il n° di macchine, suddivise per reparto, su cui è stato installato il software Compass

4.2.10 Vantaggi e svantaggi del sistema Compass

Prima di esplicitare quelli che sono stati i vantaggi e gli svantaggi dell'installazione del sistema Compass, è d'obbligo fare una premessa. Come detto nei paragrafi precedenti, l'implementazione di tale sistema nello stabilimento di Cortubi è avvenuta per step. Solamente a settembre del 2020 è stato mappato l'interno stabilimento, pertanto le considerazioni sui vantaggi e gli svantaggi sono frutto di quanto emerso nei mesi precedenti sulle linee ove già presente il sistema. Sicuramente solo ora che lo stabilimento è completamente sotto il controllo del sistema Compass potrà essere fatta un'analisi più approfondita su quelli che sono e saranno i punti di forza e debolezza di tale sistema.

I vantaggi emersi con l'installazione del sistema Compass sono stati:

- **Dati in tempo reale:** uno dei vantaggi indiscussi, riscontrati a seguito dell'installazione del sistema Compass è stato quello di poter disporre dei dati di produzione in tempo reale. Tutto questo ha permesso di poter intercettare in tempi stretti possibili criticità sul processo produttivo, e avviare misure di contenimento atte a non precludere le spedizioni verso i clienti. Potendo estrapolare i dati direttamente dalle macchine anche la bontà dei dati è sicuramente più attendibile rispetto alla raccolta cartacea fatta in precedenza. L'inserimento dei monitor operatore ha permesso di eliminare la gestione cartacea fatta in precedenza, eliminando l'inserimento a sistema fatto in manuale;
- **Indicatori di processo:** estrapolando i dati direttamente dalle macchine è possibile calcolare l'efficienza macchina (OEE) e operatore in maniera più accurata e precisa. Oltretutto permette di avere una bontà dei dati maggiore, in quanto viene eliminata la componente di errore dovuta alla trascrizione manuale. Gli indicatori di fermo macchina o di guasti hanno permesso di monitorare le macchine e avviare manutenzioni predittive e programmate che prima non era possibile effettuare. Il monitoraggio sul personale e sulle macchine ha permesso di mettere in atto un sistema di controllo sulle perdite di stabilimento, cercando di ridurle mediante progetti specifici. Anche dal punto di vista qualitativo si sono visti dei risultati importanti. Potendo scartare il prodotto direttamente dal pannello operatore, indicando la causale di scarto, è possibile implementare controlli aggiunti sui piani controllo in modo da garantire una miglior qualità del prodotto e rendendo più robusto il processo produttivo;
- **Traccimento del semilavorato:** con l'introduzione dei versamenti a sistema dei semilavorati è stato possibile monitorare l'andamento del WIP (Work In Progress) all'interno del processo produttivo. In questo modo il magazzino viene aggiornato in tempo reale e quindi le giacenze tra materiale fisico e contabile coincidono. Precedentemente questo non era mai verificato in quanto lo scarico del magazzino avveniva solamente al termine del prodotto finito e questo generava problemi di programmazione e approvvigionamento materiali. La corretta giacenza di materie prime e componenti ha permesso di ridurre i fermi linee per mancanza materiale e ha ridotto notevolmente gli extra costi

dovuti ai viaggi speciali per reperire il materiale mancante. Oltre a questo, si è ridotto il costo delle materie prime in quanto è stato possibile ridurre l'ammontare delle scorte di sicurezza;

- **Controllo attività indirette:** implementando l'approvazione delle attività indirette dal pannello operatore, è stato possibile porre maggior attenzione sull'uso di queste attività che, come detto nei capitoli precedenti, non portano valore aggiunto e sono quindi una perdita per l'azienda. Nei mesi successivi all'implementazione del sistema Compass si sono ridotte in maniera significativa queste ore, a conferma del fatto che prima non erano sotto controllo e non venivano utilizzate in modo corretto;
- **Attenzione maggiore della direzione:** potendo usufruire di un software di visualizzazione molto intuitivo è cresciuta anche l'attenzione della direzione aziendale sul monitoraggio dei dati produttivi. Prima dell'implementazione era sempre necessario una manipolazione dei dati da parte del controller di stabilimento in modo che questi potessero essere fruibili dalla direzione aziendale. Con il sistema Compass è possibile monitorare questi dati direttamente sul proprio computer aziendale in maniera facile e intuitiva.

A fronte dei benefici sono stati riscontrati alcuni punti di debolezza a seguito dell'installazione del sistema Compass:

- **Programmazione manuale:** nonostante il sistema Compass abbia migliorato notevolmente il processo di programmazione, offrendo la possibilità di disporre di dati in tempo reale e il versamento dei semilavorati, tale processo avviene ancora in maniera manuale da parte del programmatore. Questo comporta una mole di lavoro importante, in quanto è necessario controllare gli ordini di lavoro creati in automatico dal sistema e modificarli in base alla necessità. Allo stesso tempo è necessario, per ogni centro di lavoro, controllare la priorità degli ordini e se necessario modificarla manualmente. Già dalle prime implementazioni sulle linee di assemblaggio è emersa la necessità di abbinare al sistema di monitoraggio e controllo anche uno schedatore. Questo permetterebbe di tenere sotto controllo la saturazione delle macchine e la giacenza dei componenti ed elaborare programmi di produzione in maniera automatica;
- **Utilizzo procedure in modo errato:** uno dei problemi più rilevanti emersi dall'installazione del sistema Compass è stato il non corretto uso delle procedure sui pannelli operatore. Molto spesso gli operatori dimenticano di dichiarare la fine di una delle attività previste come lavorazione, fermi o guasti. Allo stesso modo succede nella dichiarazione dei componenti di scarto o nell'imputazione corretta delle cause di fermo. Questo genera ovviamente degli errori nei dati prelevati dalle macchine e allo stesso tempo la creazione di indicatori non corretti. Per ovviare a questo problema vengono eseguite periodiche attività di formazione da parte dell'area HR, in modo da sensibilizzare il più possibile il personale all'uso corretto delle procedure.

4.3 Risultati ottenuti

In questo capitolo verranno mostrati quelli che sono stati i risultati ottenuti dal progetto, tenendo sempre in considerazione che la conclusione del progetto è avvenuta a settembre 2020.

Uno dei risultati raggiunti è stato quello di rispettare le tempistiche prefissate in fase di pianificazione. La Cornaglia è un gruppo formato da più divisioni e si è posta l'obiettivo di arrivare alla fine del 2021 ad una copertura completa del sistema Compass per tutti gli stabilimenti italiani ed esteri. La divisione Exhaust System è riuscita a concludere il suo processo di installazione nel 2020 mentre gli altri stabilimenti sono ancora in fase di implementazione. Nonostante il periodo difficile dovuto all'emergenza sanitaria del Covid-19 le previsioni mostrano che entro massimo il primo quadrimestre del 2022 il processo di installazione sarà completato.

Un altro dei risultati raggiunti è stato quello di monitorare l'OEE delle varie macchine, imponendo come obiettivo minimo aziendale per questo indicatore l'80%. Come si può notare dal grafico sottostante nei mesi di agosto e settembre l'obiettivo è stato raggiunto a livello di stabilimento.

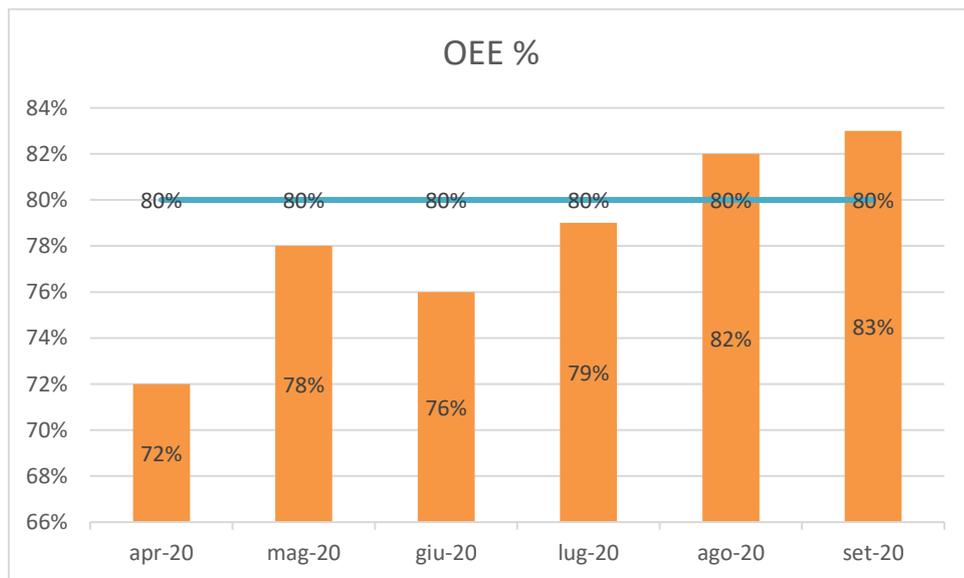


Figura 36: nel grafico viene mostrato l'andamento dell'OEE dello stabilimento nel periodo tra aprile e settembre 2020. La linea blu mostra il target aziendale.

Altro obiettivo raggiunto è stato quello di poter monitorare la saturazione delle macchine e di conseguenze delle linee di assemblaggio. Questo ha permesso allo stabilimento Cortubi di prevedere possibili problemi di saturazione ed essere in grado di anticipare le possibili soluzioni.



Figura 37: l'immagine mostra il grafico sulla saturazione delle linee di assemblaggio per un determinato mese. La linea rossa indica la percentuale di saturazione

Grazie al sistema Compass, è stato inoltre possibile ottimizzare i set-up sulle diverse linee. Questo ci ha permesso di ridurre notevolmente le ore di set-up, rendendo le linee più flessibili ai cambiamenti di domanda cliente.

Per quanto riguarda la qualità, è stato possibile velocizzare il processo di denuncia del prodotto di scarto, facendolo direttamente dal pannello operatore. Il sistema fornisce statistiche sulle causali che hanno generato gli scarti, permettendo di avviare progetti di miglioramento del processo nel breve periodo.

Uno degli aspetti critici rimangono le chiamate degli operatori sui centri di lavoro. Avviando le procedure di fermo o di guasto, viene indicata la causale che ha scatenato il problema, ma è ancora troppo macchinoso il processo di chiamata verso l'ente incaricato della risoluzione. Per ovviare a questo problema si sta pensando di installare delle colonnine luminose sui vari centri di lavoro chiamate ANDON. Queste colonnine presentano diversi colori, ognuno dei quali corrisponde ad un determinato ente. Quando l'operatore dichiara un fermo o un guasto tramite il pannello di controllo del sistema MES, viene automaticamente accesa la luce della colonnina corrispondente all'ente del quale si richiede l'intervento. In contemporanea all'accensione della luce, viene inviata una notifica sul telefono o tablet aziendale del responsabile dell'ente in modo che possa intervenire prontamente.



Figura 38: esempio di utilizzo del sistema ANDON

CONCLUSIONI

Il progetto di tesi presentato in questo elaborato è il frutto della mia personale esperienza vissuta all'interno dell'azienda Cornaglia per la quale lavoro da più di quattro anni.

Tale elaborato fa riferimento al progetto di implementazione di un sistema di monitoraggio e controllo della produzione all'interno della divisione Cortubi.

All'interno dell'elaborato ho cercato di descrivere quelli che sono stati gli step principali di questo progetto e soprattutto esplicitare i punti di forza e di debolezza riscontrati al termine dell'implementazione.

Insieme al team di progetto si è cercato di analizzare al meglio le esigenze necessarie a colmare i punti di debolezza dell'attuale sistema di controllo in modo da poterle poi implementare all'interno del nuovo software. È stato possibile implementare gran parte di queste richieste mentre altre sono rimaste incompiute e verranno implementate in seguito.

Uno degli aspetti fondamentali per la buona riuscita del progetto è stato l'ottimo coinvolgimento tra il personale Cornaglia e il team messo a disposizione dal fornitore del software.

Sicuramente l'implementazione del sistema è solo uno dei passi che la Cornaglia dovrà fare nei prossimi anni per essere sempre più competitiva e poter sfruttare al meglio le potenzialità del sistema installato. Come detto nei capitoli precedenti, gli attuali sistemi di monitoraggio e controllo sono costituiti da "pacchetti" che possono essere implementati in variati step. La sfida del futuro sarà proprio quella di implementare le funzionalità aggiuntive in accordo alle esigenze aziendali che emergeranno nei prossimi anni.

Un altro aspetto molto importante è la gestione dei dati che il sistema è in grado di ricevere dalle macchine. Il fatto di poter ricevere molti dati dalle macchine è sicuramente positivo ma il vero valore aggiunto è l'utilizzo e la gestione di questi dati. Senza un'accurata analisi e un monitoraggio dei dati il sistema non risulterà utile all'azienda ma incrementerà solamente dei database fini a sé stessi. Quello che ci si aspetta da un investimento di questo tipo è il fatto di utilizzare questi dati in modo che siano un punto di forza e che possano portare l'azienda ad avere un vantaggio competitivo sul mercato.

Sicuramente tutto questo porterà ad un cambiamento nel modo di lavorare delle persone ed è per questo che sarà fondamentale formare il personale nell'utilizzo corretto del nuovo sistema cercando di fargli capire quelli che sono gli obiettivi di tale cambiamento.

Dal punto di vista personale questo progetto è stata un'esperienza che mi ha permesso di crescere umanamente e professionalmente. In questo progetto ho potuto studiare e apprendere nozioni anche lontane dalla mia formazione scolastica e lavorativa.

Uno degli aspetti importanti che ho appreso durante questa esperienza è stato il metodo di gestione di un progetto di queste dimensioni. Ho appreso che far coesistere tre

variabili fondamentali come tempo, costi e obiettivi non è così semplice in quanto molto spesso sono in contrapposizione tra di loro.

I risultati ottenuti dall'implementazione del sistema Compass hanno permesso alla Cornaglia Spa di gestire al meglio il periodo complicato nel quale ci troviamo. Tuttavia, come detto in precedenza questo non deve essere un punto di arrivo ma di partenza. Per potersi migliorare ulteriormente è fondamentale porsi obiettivi sempre più sfidanti, andando a cogliere le opportunità che il mercato tecnologico sarà in grado di offrire nei prossimi anni.

In conclusio ci tengo a ringraziare l'Operations Manager del Gruppo Cornaglia, il Dott. Edoardo Cornaglia e l'Amministratore delegato del Gruppo l'Ing. Piermario Cornaglia, per avermi dato l'opportunità di far parte del team di sviluppo per un progetto così importante. Ringrazio anche tutto il Team di progetto per avermi sopportato ed aiutato nel raccogliere le informazioni utili al completamento di tale elaborato.

BIBLIOGRAFIA

1. Jurgen Kletti, *MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM, MES*, Springer, 2007
2. Bianca Scholten, *GUIDE FOR EXECUTIVES: WHY AND HOW TO SELECT, IMPLEMENT AND MAINTAIN A MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM*, ISA, 2009
3. Cornaglia, documenti interni “*Presentazione aziendale*”, 2020
4. Cornaglia, procedure interne “*Identificazione e rintracciabilità*”, 2018
5. Cornaglia, procedure interne “*Controllo delle registrazioni*”, 2017
6. Cornaglia, procedure interne “*Programmazione della produzione*”, 2017
7. Cornaglia, procedure interne “*Miglioramento continuo*”, 2018
8. Cornaglia, procedure interne “*Formazione del personale*”, 2019
9. Severino Meregalli & Gianluca Salviotti, “*Sistemi ERP e gestione della complessità. Casi di aziende italiane in crescita*”, EGEA, 2011
10. Federica De Santis, “*ERP e strumenti di Business Intelligence: supporto gestionale e impatto organizzativo*” Giappichelli Editore, 2016
11. Martina Casani & Marcello Majonchi, “*Come usare al meglio l'Internet delle cose. Guida IoT per manager e imprenditori*”, Tecniche Nuove, 2017
12. Luca Beltrametti, Nino Guarnacci, Nicola Intini, Corrado La Forgia,, “*La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso industria 4.0*”, Guerini e Associati, 2017

SITOGRAFIA

1. www.wikipedia.org
2. www.cornaglia.com
3. www.plannet.it
4. www.mesa.org
5. www.criticalmanufacturing.com
6. www.logisticaefficiente.it
7. www.corrierecomunicazioni.it
8. www.autoware.it
9. www.key-4.com
10. www.leanmanufacturing.it
11. www.polito.it
12. www.gabbianonews.tv
13. www.globalindustrynews24.com
14. www.advantech.com
15. www.olivetti.com
16. www.alleantia.com