POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale In Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

Digitalizzazione dei processi produttivi aziendali per l'implementazione di un sistema MES: Indagine all'interno del gruppo Commerciale Pastiglie Leone SRL

Relatore:
Prof. Manuela De Maddis

Candidato:
Emanuele Fornero

Dicembre 2022

Sommario

Lista abbreviazioni e acronimi 4

Indice delle figure 5

ABSTRACT 6

1 PASTIGLIE LEONE SRL 8

1.1 STORIA 8

1.2 L'AZIENDA 9

1.3 I REPARTI 10

1.3.1 CIOCCOLATO 10

1.3.2 ALTRI REPARTI PRODUTTIVI 14

1.3.3 CONFEZIONI 14

1.4 ANALISI SWOT 15

2 ORGANIZZAZIONE PRODUZIONE AZIENDALE 18

2.1 PIANO DI PRODUZIONE 18

2.2 CONTROLLO QUALITÀ 19

2.3 RACCOLTA DATI DI PRODUZIONE 20

2.4 ANALISI DATI DI PRODUZIONE 22

2.5 LIMITI E DIFFICOLTÀ RISCONTRATE CON IL SISTEMA ATTUALMENTE IN USO 24

2.5.1 TRACCIAMENTO DEI SEMILAVORATI 24

2.5.2 GESTIONE DEI DATI 25

3 IL SISTEMA MES 27

3.1 DESCRIZIONE SISTEMA 27

3.2 FUNZIONALITÀ 30

3.3 BENEFICI 34

3.4 RISCHI E SVANTAGGI 37

3.5 STEPS NECESSARI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA MES 38

4 PROGETTO J-MES IN PASTIGLIE LEONE 42

4.1 IMPLEMENTAZIONE SISTEMA J-MES 42

4.1.1 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALL'IMPLEMENTAZIONE 43

4.2 FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA J-MES 46
4.3 POSTAZIONI MES ALL'INTERNO DEI REPARTI 49
4.4 INTERFACCIA CON L'ERP 53
4.5 MODELLIZZAZIONE PROCESSI PRODUTTIVI 55
4.6 STRUTTURAZIONE DISTINTE BASI 58
4.7 DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI 60
4.7.1 DIGITALIZZAZIONE DELLE DISTINTE BASI 61
CONCLUSIONI 66
Ringraziamenti 68
Bibliografia e sitografia 69

Lista abbreviazioni e acronimi

- *MES: Manufacturing Execution System*
- ERP: *Enterprise Resource Planning*, un software gestionale per aziende.
- SCADA: *Supervisory Control And Data Acquisition*
- PLC: *Programmable Logic Controller*, dispositivo utilizzato per il controllo dei processi industriali
- MTTR: *Mean time to repair,* tempo medio necessario per la riparazione di un sistema
- MTBF: *Mean time between failures*, tempo che intercorre tra due guasti
- MTTF*: Mean time to failures,* tempo medio di funzionamento di un bene non riparabile prima di un guasto.
- J-MES: Sistema MES implementato dall'azienda Pastiglie Leone SRL
- DNC: *Data Network Consulting*, azienda fornitore del J-MES
- MANAGER: Sistema gestionale attualmente in uso in Pastiglie Leone SRL
- FIFO: *First In First Out*, logica per cui gli articoli che entrano per primi in magazzino sono i primi ad uscire
- KPI: *Key Performance Indicators*

Indice delle figure

Figura 1: Stabilimento Pastiglie Leone SRL 9
Figura 2: Selezione delle Fave di cacao 10
Figura 3: Esempio di miscelatore con rulli a pietra 12
Figura 4: Barrette di cioccolato grezzo fondente 40g 14
Figura 5: Estratto della tabella raccolta dati produzione 21
Figura 6: Relazione gerarchica tra i sistemi: ERP, MES, PLC & SCADA aziendali 28
Figura 7: attività propedeutiche per l'implementazione del progetto MES 44
Figura 8: Planimetria raffigurante le quattro postazioni del reparto Cioccolato 53
Figura 9: Flusso di dati tra il sistema ERP aziendale e il J-MES 54
Figura 10: Modellizzazione flussi produttivi del cioccolato 57
Figura 11: Estratto della strutturazione delle distinte basi: Tav.75g Cioccolato fondente 70% 59
Figura 12: Estratto della strutturazione delle distinte basi: Barr.40g Cioccolato fondente grezzo 59
Figura 13: Modellizzazione dei processi in essere con il sistema MES 61
Figura 14: Estratto della tabella contenente le distinte basi realizzate per il mes 63
Figura 15: Esempio di creazione delle gerarchie tra articoli per la creazione di una distinta base 64

ABSTRACT

Con il seguente elaborato si intendono descrivere i processi necessari all'implementazione di un sistema MES (*Manufacturing Execution System*) e l'importanza di queste soluzioni all'interno di un'azienda di medie dimensioni come Pastiglie Leone SRL.

Un sistema MES è un software che mira a informatizzare la raccolta e l'analisi dei dati della produzione e il monitoraggio dei processi produttivi; l'obiettivo della presente tesi di laurea è quello di descriverne le funzionalità, i benefici e gli svantaggi che un'azienda può ottenere con il suo utilizzo. Inoltre, si intende anche fornire un'analisi sulle fasi necessarie per implementare un sistema di questo tipo, andando a descrivere l'esperienza vissuta nell'azienda Pastiglie Leone SRL, che ha scelto di adottare il sistema J-MES, dell'azienda DNC (*Data Network Consulting*), applicato alla linea dei prodotti del Reparto cioccolato in un primo momento, come prototipo per valutarne l'efficacia, con estensione a tutti gli altri reparti in un secondo momento.

La tesi si divide in quattro capitoli:

- Nel primo capitolo viene fornita una panoramica sull'azienda Pastiglie Leone SRL, partendo dalla sua storia per poi descriverne lo stabilimento produttivo e i suoi reparti, con un focus sul reparto del cioccolato e sui processi utilizzati; infine viene fornita un'analisi SWOT per comprendere la posizione del marchio all'interno del mercato dolciario.
- Nel secondo capitolo vengono descritte le procedure di gestione della produzione attualmente utilizzate in Pastiglie Leone, evidenziando e analizzando le problematiche dei vari processi coinvolti, che hanno spinto l'azienda a valutare l'implementazione di un sistema di tipo MES.
- Nel terzo capitolo vengono indicate tutte le funzionalità che i sistemi MES devono possedere, i benefici ottenibili con il suo utilizzo, i rischi e svantaggi in caso di una scorretta implementazione e infine i passaggi chiave per la realizzazione del progetto.
- Nel quarto e ultimo capito, si intende descrivere l'implementazione del sistema J-MES all'interno dell'azienda Pastiglie Leone SRL, focalizzandosi sulle attività svolte,

la modellizzazione dei processi produttivi che ha portato a una creazione e codifica delle distinte basi apposita per il MES, i flussi di dati scambiati con il sistema ERP e le postazioni dotate di computer attivate nel reparto di produzione.

1 PASTIGLIE LEONE SRL

Nel primo capitolo viene fornita una breve introduzione dell'azienda, con alcuni riferimenti alla sua storia e ai reparti produttivi che la compongono. In seguito, vengono descritti i processi produttivi relativi ai prodotti del cioccolato per comprendere meglio i flussi che verranno coinvolti con il progetto Mes implementato dall'azienda.

1.1 STORIA

L'azienda Pastiglie Leone nasce nel 1857 ad Alba, in una semplice confetteria artigianale. Qui l'imprenditore Luigi Leone iniziò a produrre delle piccole e fragranti pastiglie da prendere dopo i pasti; tra i primi gusti storici ci furono la menta, la cannella, il fernet e la violetta. L'attività ebbe subito un discreto successo al che il Sig. Leone decise di spostare la propria bottega a Torino, allora capitale del regno di Savoia, per ottenere una clientela più vasta. Le pastiglie e le gommose alla liquirizia ebbero un gran successo anche nell'alta società del tempo, infatti poté vantare tra i propri clienti la Casa Reale di Savoia e Camillo Benso Conte di Cavour.

Nel 1934, dopo la morte di Luigi Leone, l'azienda venne comprata da Giselda Balla Monero e dal fratello Celso Balla, allora proprietari di un ingrosso dolciario che rivendeva i prodotti Leone; negli anni in cui guidarono l'azienda trasferirono la confetteria in Corso Regina Margherita, Torino, per allargare lo stabilimento produttivo.

L'azienda continuò a crescere nel corso dei decenni fino ad arrivare a spostare lo stabilimento nel 2006 nell'attuale sede a Collegno (To), raffigurato nell'immagine 1, per far fronte a un bisogno maggiore di spazi.

FIGURA 1: STABILIMENTO PASTIGLIE LEONE SRL

Nel 2018 la famiglia Monero ha venduto l'azienda all'imprenditore Luca Barilla, con obiettivo di aumentare la portata del marchio piemontese. (La Tua Italia, 2022)

1.2 L'AZIENDA

L'azienda attualmente ha sede legale nella città di Collegno (To), dove possiede lo stabilimento produttivo e i suoi uffici.

L'impanto produttivo comprende cinque reparti di produzione: reparto cioccolato, reparto pastiglie, reparto caramelle, reparto gelatine e reparto gommose. Una volta realizzati i prodotti dolciari, dalla zona produttiva vengono spostati nell'area dedicata al confezionamento nel quale vengono confezionati a seconda del formato del prodotto e del *packaging* necessario. Terminata la fase di confezionamento i prodotti finiti entrano nel magazzino dove verranno prima stoccati e successivamente spediti.

Essendo al momento l'unico stabilimento della compagnia, nella zona uffici sono gestite tutte le funzioni aziendali quali: funzione operativa, amministrativa, marketing, vendite ed *e-commerce*.

1.3I REPARTI

1.3.1 CIOCCOLATO

In questo paragrafo si vuole descrivere i processi coinvolti nella produzione del cioccolato, che saranno i protagonisti nella prima fase di implementazione del sistema J-MES che si interfaccerà solo con il reparto cioccolato, come prototipo per valutarne l'efficacia del sistema.

Tutti i prodotti realizzati dall'azienda Pastiglie Leone sono caratterizzati da una selezione accurata delle materie prime, da una ricerca di ricette artigianali ispirate alla tradizione e accomunati dall'obiettivo di creare prodotti esteticamente ricercati.

I processi coinvolti nella produzione del cioccolato possono essere divisi in due parti, quelli necessari alla formazione delle masse di cioccolato e quelli che permettono di modellare le masse per dare al prodotto la forma richiesta.

Per quanto riguarda i processi relativi alla produzione di masse di cioccolato, la prima fase di lavorazione è la cernita delle fave di cacao: in questa fase viene passata su un nastro trasportatore la materia prima che l'operatore, posizionato davanti al nastro trasportatore, controlla andando a rimuovere eventuali corpi estranei. Attualmente ci sono diversi tipi di fave di cacao lavorate in azienda che provengono da differenti nazioni. In figura 2 è possibile vedere un esempio di fave di cacao utilizzate.

FIGURA 2: SELEZIONE DELLE FAVE DI CACAO

(Pastiglie Leone, 2022)

Le diverse tipologie di cacao possiedono proprietà organolettiche e numeri di lotto differenti e vengono cernite un tipo alla volta per non essere mischiate, dopodiché le fave di cacao vengono stoccate temporaneamente in ceste, in attesa di essere tostate.

Una volta tostate le fave di cacao sono pronte per essere frantumate e ridotte in granella all'interno della macchina granellatrice, che, tramite un sistema di trasporto a nastro, convoglia le fave tostate tra due cilindri che vanno a frantumare i grani di cacao.

La buccia del cacao viene scartata mentre la granella viene raccolta in ceste, è presente in minor parte anche uno sfrido di lavorazione chiamato minudrino, che viene anch'esso scartato.

Queste prime tre lavorazioni sono comuni a tutti i prodotti che utilizzano masse di cioccolato.

La granella ottenuta può essere utilizzata o per la fase di miscelazione oppure, in minor quantità, viene utilizzata per produrre il liquore di cacao, un liquido di puro cacao che viene aggiunto direttamente durante la fase di concaggio.

Nella fase successiva, la miscelazione, la granella di cacao viene miscelata in mescolatori con rulli a pietra con gli altri ingredienti, in base alla sua ricetta specifica, per ricavare una massa amalgamata; in figura 3 è riportato un esempio di miscelatore con rulli a pietra. Nella linea cioccolato fondente, per esempio, vengono prodotte principalmente masse di fondente 70%, 80% e 90% di cacao. Per ogni massa vengono utilizzati diversi tipi di granella di cacao, in proporzioni dettate dalla ricetta specifica, e differenti quantità di zucchero di canna che viene inserito direttamente nel miscelatore. Questa fase può arrivare a durare anche ventiquattro ore di lavorazione.

FIGURA 3: ESEMPIO DI MISCELATORE CON RULLI A PIETRA (PASTIGLIE LEONE, 2022)

A questo punto la miscela ottenuta può passare direttamente alle raffinatrici, senza essere stoccata. Questa fase comprende due lavorazioni: inizialmente la massa di cioccolato viene compresso da una raffinatrice a 3 cilindri per una prima raffinazione, successivamente viene ripassata in una seconda raffinatrice a 3 cilindri per diminuire lo spessore della miscela eliminando i residui solidi e granulosi, ottenendo un grado di finezza omogenea.

Anche in seguito a questa fase vi è un passaggio diretto alla fase di concaggio senza stoccaggio intermedio, il concaggio serve per miscelare la massa ottenuta con ingredienti aggiunti come il burro di caco ed eventuali aromi, per macinare le particelle di cioccolato eliminando i grumi presenti e per diminuire il grado di acidità del composto. Attualmente il reparto ha a disposizione: "conche piana" destinate esclusivamente al concaggio delle masse di cioccolato fondente e "conche piana" distinte per le masse di cioccolato al latte, questa separazione permette di non contaminare i prodotti del cioccolato fondente con allergeni, come il latte; questi macchinari hanno un fondo riscaldato in pietra e granito che, utilizzando un pesante rullo di pietra mosso da un braccio meccanico, grazie ad un movimento continuo e alternato, abbatte l'acidità della massa di cioccolato. Sono presenti anche conche circolari per le masse fondenti e per le masse al latte, sempre separate, nelle quali il movimento di macinazione è dato da una sfera che comprime la massa contro le pareti della conca con un movimento circolare. Questa lavorazione può durare fino a 72 ore nel caso del cioccolato fondente, 48 ore nel caso del cioccolato al latte. (Pastiglie Leone, 2021)

Finito il concaggio le masse di cioccolato ottenute vengono immagazzinate in tank riscaldati che mantengono il composto liquido, in attesa di essere modellati in prodotti specifici.

A questo punto, iniziano i processi che andranno a formare i prodotti richiesti: inizialmente le masse liquide vengono trasportate dai tank alla macchina temperatrice tramite un sistema di pompe; è presente attualmente una temperatrice per ogni tipologia di massa, una per il fondente, una per il latte e una per il grezzo. Questa macchina regola la temperatura della massa favorendo la corretta cristallizzazione del burro di cacao, per poi colarla direttamente negli stampi necessari a dare la forma al prodotto.

Gli stampi, tramite un nastro trasportatore, passano da una cella frigorifera che permette alla massa di solidificarsi e formare il prodotto specifico; i formati attualmente utilizzati sono:

- Tavolette da 75g di cioccolato fondente al 70%, 80% e 90%, al latte con percentuale di cacao al 40%, 50% e 60% e cioccolato grezzo base o con aggiunta di un aroma tra: cannella, zenzero, rum, arancia oppure caffè.
- Barrette da 40g di cioccolato fondente, al latte o grezzo.
- Lingottini di cioccolato fondente e al latte ripieni.
- Blocco di cioccolato fondente o grezzo base da 1 kg.
- Blocco di cioccolato fondente grezzo da 18 kg.

Il cioccolato grezzo si differenzia dagli altri tipi di cioccolato perché non viene raffinato e la fase di concaggio dura solamente poche ore, queste modifiche ai processi conferiscono al prodotto una consistenza granulosa dovuta allo spessore della massa di cioccolato che rimane maggiore.

Una volta ottenuto il prodotto modellato, è pronto per essere confezionato nel reparto confezioni. Nella figura 4 è possibile vedere un esempio di barrette di cioccolato fondente grezzo nudo prima di essere confezionato. (Pastiglie Leone, 2022)

FIGURA 4: BARRETTE DI CIOCCOLATO GREZZO FONDENTE 40G

(Pastiglie Leone, 2022)

1.3.2 ALTRI REPARTI PRODUTTIVI

Gli altri reparti produttivi dell'azienda vengono utilizzati per produrre prodotti dolciari quali:

- Pastiglie: prodotto storico e iconico dell'azienda, disponibili in oltre quaranta gusti e in diversi formati, dalle più famose scatolette di carta alle lattine. Realizzato con ingredienti semplici, quali zucchero a velo, gomma arabica e gomma adragante a cui vengono aggiunti acqua, succhi di frutta ed eventuali estratti e oli essenziali. Per la produzione delle pastiglie si utilizzano ancora gli antichi stampi in bronzo.
- Caramelle
- Gelatine
- Gommose
- Liquirizia

I flussi e i processi relativi a questi reparti produttivi non sono stati inizialmente analizzati e modellizzati, in quanto non inseriti nella prima fase di progetto dell'implementazione del sistema MES, per semplificarne la gestione e la realizzazione. L'estensione di questi processi al sistema è stata inserita nella seconda fase in caso di buona riuscita del progetto.

1.3.3 CONFEZIONI

In questa zona vengono confezionati tutti i prodotti uscenti dai reparti produttivi.

Nella prima fase di implementazione del sistema MES verranno coinvolti solamente i processi di confezionamento dei prodotti del cioccolato.

I macchinari direttamente coinvolti nel confezionamento dei prodotti del cioccolato, inseriti nella modellizzazione dei processi sono principalmente: macchina con funzione di incartatrice e imbustatrice, per le tavolette di cioccolato quadrate, che entrano come prodotto nudo ed escono rivestite da una bobina di alluminio come *packaging* primario e inserite in una busta di carta come *packaging* secondario; un macchinario utilizzato per rivestire i prodotti in formato di barrette tramite *flowpack* più un'astucciatrice per inserire queste barrette in astucci di carta e infine una macchina avviluppatrice che incarta i lingottini di cioccolato ripieni.

Tra gli altri sistemi presenti in questo reparto si possono trovare: macchine avviluppatrici per incartare prodotti sfusi quali caramelle e gelatine; macchine scatolettatrici per le pastiglie, macchine sacchettatrici per formare dei sacchetti che possono essere utilizzate per qualsiasi prodotto.

1.4 ANALISI SWOT

Attraverso questa analisi si vogliono evidenziare i fattori interni che coinvolgono l'azienda (*Strenghts* e *Weaknesses*) ed i fattori esterni (*Opportunities* e *Threaths*), per definire la posizione di Pastiglie Leone all'interno del mercato dolciario.

FORZE (*Strenghts*):

- Forte identità del *brand*; per via della sua storia e della qualità dei suoi prodotti l'azienda è riuscita a creare un'identità forte e riconoscibile.
- Fidelizzazione dei clienti: l'azienda può contare su un buon bacino di clienti che parla bene del marchio lasciando recensioni positive online e offline.
- Packaging personalizzabile: vi è la possibilità di personalizzare i prodotti da parte del cliente, sia per quanto riguarda il formato del packaging che la grafica.
- Presenza in mercati di nicchia; vi è una buona diversificazione dei prodotti che rispettano varie intolleranze alimentari, prodotti per diabetici, vegani, celiaci.

- Canali distributivi capillari; presenza capillare in tutto il territorio italiano, dalla grande distribuzione organizzata ai bar, pasticcerie, farmacie. Negli ultimi anni sta aumentando anche la presenza nel mondo online.

OPPORTUNITÀ (*Opportunities*):

- Real Time Marketing; possibilità di raggiungere un target di utenti giovani grazie all'aumento di presenza in rete e sui social network, aumentando la reattività di risposta a eventi e stimoli esterni.
- Nostalgia Marketing; "strategia di comunicazione basata sulla riproposizione di un passato felice, capace di accendere i nostri ricordi e stabilire un legame emozionale con il brand." (NITTIS, 2021)

  Grazie alla forte storia e presenza del *brand* sul territorio, questa tecnica di marketing rappresenta una opportunità per raggiungere un target di utenti meno giovani.
- Marketplace; dopo lo sviluppo negli anni recenti del mondo e-*commerce,* investire su piattaforme online di vendita dei prodotti rappresenta un'occasione importante.

DEBOLEZZE (*Weaknesses*):

- Scarso raggiungimento di un target giovane; complice anche il prezzo dei prodotti che mira a un target di persone più adulte, le fasce più giovani non vengono raggiunte in modo efficiente.
- Scarsa pubblicizzazione delle nicchie di prodotti; avendo una grande lista di prodotti, vi è una parte di questi che non viene pubblicizzato a sufficienza, come nel caso dei prodotti del cioccolato.
- Uso dei Social Network non efficiente; non vi è un'orientazione dei contenuti rispetto a un target specifico.
- Scarsa umanizzazione del marchio; non vi sono persone e volti riconducibili all'azienda.

MINACCE (*Threaths*):

- Forte presenza di competitors nel settore dolciario; aziende con una User Experience migliore rischiano di influenzare negativamente i sistemi di *e-commerce* e *dropshipping* dell'impresa.
- Interesse dei giovani verso altre categorie di prodotti e verso nuove tendenze di consumo.
- Competitors che comunicano meglio la propria identità, arrivando più velocemente ai consumatori pur essendo meno storici, iconici e anche qualitativamente inferiori.
- Difficoltà di imporsi sulle piattaforme sociali e digitali, non essendo ancora una grossa realtà emerge la difficoltà nel rimanere al passo con l'evoluzione delle piattaforme e con la creazione di contenuti personalizzati. (Sowedo, 2022)

2 ORGANIZZAZIONE PRODUZIONE AZIENDALE

L'obiettivo di questo capitolo è quello di descrivere le procedure aziendali utilizzate attualmente nell'azienda Pastiglie Leone SRL, evidenziando i limiti e le difficoltà riscontrate nella gestione di tutte le attività coinvolte nella produzione senza l'ausilio di un sistema digitale come il MES. I processi coinvolti che vengono trattati sono: organizzazione delle attività di pianificazione della produzione, tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti e delle materie prime, raccolta e analisi dati derivanti dai processi produttivi.

2.1 PIANO DI PRODUZIONE

Un piano di produzione, in un'azienda manifatturiera, rappresenta la prima fase del processo produttivo e si tratta di un documento che contiene l'elenco degli articoli da produrre in un dato tempo per poter soddisfare gli ordini dei clienti.

All'interno dell'azienda Pastiglie Leone la pianificazione delle attività produttive avviene su base settimanale, seguendo le previsioni di vendite mensili, considerando le scorte minime previste ed eventuali ordini programmati di clienti.

Ogni settimana il personale dell'area Operations prepara il piano di produzione che viene redatto in dei fogli contenenti la pianificazione delle attività della settimana successiva, che comprendono ordini di produzione, preparazione di semilavorati, pulizia di macchinari e ripartizione degli operatori all'interno dei vari reparti; quando non c'è bisogno di attivare un reparto, poiché non è necessaria la produzione di determinati prodotti, il personale di quel reparto viene ripartito in altre attività a seconda delle priorità.

La pianificazione viene discussa ogni settimana durante una riunione tra il personale Operations, che si occupa di pianificare le attività produttive, e i vari capireparto della produzione e delle confezioni, il responsabile del magazzino e il responsabile manutenzione. Durante questo confronto si aggiornano le attività in base a eventuali problematiche che emergono.

Nel piano settimanale mancano il reparto confezioni e il magazzino le cui attività attualmente non rientrano nelle pianificazioni dell'area Operations, ma hanno una pianificazione interna al reparto. Questi ultimi due reparti seguono prevalentemente l'andamento degli ordini settimanali, poiché sono i reparti che confezionano, immagazzinano e spediscono i prodotti finiti.

2.2 CONTROLLO QUALITÀ

L'ufficio qualità si occupa principalmente di:

- Tracciabilità dei prodotti; vengono verificati gli stati delle diverse materie prime e semilavorati fino all'arrivo del prodotto finito. Per tracciare le materie prime e i vari semilavorati si utilizza una gestione a lotti mediante fogli di carta, che vengono compilati manualmente dagli operatori.
- Rintracciabilità dei prodotti; con obiettivo di risalire in qualsiasi momento della catena produttiva e di vendita al lotto di appartenenza delle materie prime e dei semilavorati.
- Assicurazione qualità; moduli che il personale compila giornalmente riguardanti operazioni di pulizia, controlli sulle lavorazioni.
- Validazione con delibera delle masse; le masse di semilavorato vengono controllate mediante tamponi dal personale della qualità, che impiega circa una settimana per dare un responso, nel frattempo queste masse di semilavorato continuano ad essere lavorate ed eventualmente confezionate, rimanendo però in osservazione all'interno del reparto fino all'arrivo della delibera.

Per un tema di sicurezza alimentare, la tracciabilità dei prodotti è fondamentale per un'azienda, soprattutto in un mercato sempre più globalizzato dove è importante conoscere tutta la catena del prodotto. Attualmente in Pastiglie Leone il sistema dei controlli di qualità viene gestito manualmente, gli operatori sono coinvolti nei controlli compilando giornalmente schede tecniche fornite dal personale della qualità che le raccolgono e analizzano.

L'obiettivo principale dei controlli è la ricerca di eventuali allergeni all'interno dei prodotti, per esempio nel cioccolato fondente è fondamentale assicurare che non ci

siano tracce di allergeni quali latte, pistacchi, nocciole. Questo controllo è fatto mediante l'utilizzo di tamponi sia sulle macchine che sulle masse di semilavorato. Per evitare di contaminare le masse sono presenti due linee di macchinari, una per i prodotti contenenti allergeni quali: cioccolato al latte, cioccolato contenente nocciole/pistacchi; una per i prodotti senza allergeni, come il cioccolato fondente e il fondente grezzo; specialmente quando si producono semilavorati contenenti allergeni tutte le macchine dell'altra linea vengono sigillate a terra da teli isolanti.

2.3 RACCOLTA DATI DI PRODUZIONE

La raccolta dei dati di produzione è necessaria per controllare l'andamento dei vari reparti produttivi dell'azienda; soprattutto in un'azienda come Pastiglie Leone che, al momento, non possiede sistemi di produzione automatizzati.

All'inizio dell'esperienza di tirocinio i dati di produzione venivano inseriti dai capireparto della produzione e delle confezioni giornalmente su un file Excel, distinto per ogni reparto. Alla fine di ogni giornata venivano caricati i dati delle lavorazioni effettuate, come i prodotti lavorati, la quantità dei semilavorati processata, il numero di ore uomo e impianto, eventuali scarti e note dell'operatore. Questi file venivano gestiti dal personale *operations* al fine di accorparli tutti in tabelle Excel per poi essere analizzati.

Attualmente si è scelto di velocizzare ed efficientare questo processo di raccolta dati tramite cartelle di lavoro condivise all'interno dell'applicazione *Microsoft Teams*, nel quale i capireparto possono inserire direttamente i dati produttivi giorno per giorno.

Nella tabella qui sotto si può vedere una rappresentazione dei dati raccolti nel reparto cioccolato, i dati che interessa maggiormente tracciare e immagazzinare sono:

- Data di produzione;
- Reparto; per distinguere e filtrare in modo rapido il reparto ricercato.
- Lavorazione; per tracciare i vari tipi di attività per ogni tipologia di prodotto.
- Prodotto; può trattarsi di materie prime come le fave di cacao oppure di semilavorati come le masse di cioccolato.

- Quantità prodotta; in questa colonna viene inserita la quantità del prodotto ottenuta nell'ultimo processo di produzione, nel caso del cioccolato la quantità di massa che esce dagli stampi del modellatore.
- Quantità semilavorato; rappresenta la quantità di semilavorato ottenuta per ogni fase intermedia di produzione.
- Ore di funzionamento dell'impianto necessario a quella lavorazione in tale giorno.
- Produttività [kg/h]; dato utilizzato per l'analisi tempi di ogni processo, di ottiene dal rapporto tra la quantità prodotta e le ore di funzionamento dell'impianto.
- Ore uomo; quante ore sono state lavorate dal personale in tale lavorazione.
- Incidenza manodopera; dato utilizzato per l'analisi dei costi, viene calcolato sia rispetto alla quantità di prodotto ottenuto che rispetto al semilavorato intermedio ottenuto.
- Scarto; quantità di materiale scartato per ogni processo di produzione.
- Fermi; tempi di fermo dovuti a eventuali guasti o mancanza di materiale/strumenti.

Data di Produzione	Reparto	Lavorazione	Prodotto	Quantità Prodotta (kg)	Quantità semilavorato	H. Impianto	Produttività (kg/h.)	Ore uomo (h)	Incidenza Man. Prodotto (h/kg)	Incidenza Man. Semilavorato (h/kg)	Scarto (Kg)	Fermi (min)
01/04/2022	Cioccolato	miscelazione	Massa di cioccolato 1	0	2400	8	300	8	0	0.003	0	0
01/04/2022	Cioccolato	raffinazione	Massa di cioccolato 1	0	1680	8	210	8	0	0.005	0	0
01/04/2022	Cioccolato	preconcaggio	Massa di cioccolato 1	0	1680	2	840	2	0	0.001	0	0
01/04/2022	Cioccolato	lavaggio stampi		0	0	8	0	8	0	0.000	0	0
01/04/2022	Cioccolato	passaggio in tank	Massa di cioccolato 1	0	3000	8	375	8	0	0.003	0	20
01/04/2022	Cioccolato	tostatura	fave di cacao	0	2000	8	250	8	0	0.004	0	0
01/04/2022	Cioccolato	granellatura	fave di cacao	0	1800	8	225	8	0	0.004	15	0
01/04/2022	Cioccolato	colaggio	Massa di cioccolato 1	1400	0	8	175	15	0.011	0.000	0	0
01/04/2022	Cioccolato	pulizia		0	0	0	0	5	0	0.000	0	0
04/04/2022	Cioccolato	cernita	fave di cacao	0	1800	8	225	8	0	0.004	0	0
04/04/2022	Cioccolato	tostatura	fave di cacao	0	2200	8	275	8	0	0.004	0	0
04/04/2022	Cioccolato	granellatura	fave di cacao	0	1900	8	237.5	8	0	0.004	20	15
05/04/2022	Cioccolato	colaggio	Massa di cioccolato 2	1500	0	8	187.5	16	0.011	0.000	0	0
05/04/2022	Cioccolato	colaggio	pulizia	0	0	2	0	2	0	0.000	0	0
05/04/2022	Cioccolato	granellatura	fave di cacao	0	1800	8	225	8	0	0.004	0	0
06/04/2022	Cioccolato	miscelazione	Massa di cioccolato 2	0	2200	8	275	8	0	0.004	0	0
06/04/2022	Cioccolato	raffinazione	Massa di cioccolato 2	0	2250	8	281.25	8	0	0.004	0	0
06/04/2022	Cioccolato	tostatura	fave di cacao	0	1900	8	237.5	8	0	0.004	0	30
06/04/2022	Cioccolato	granellatura	fave di cacao	0	1750	8	218.75	8	0	0.005	0	0

FIGURA 5: ESTRATTO DELLA TABELLA RACCOLTA DATI PRODUZIONE

I dati della tabella vengono presentati a scopo dimostrativo dopo essere stati modificati poiché rappresentano dati sensibili per l'azienda.

All'interno di questo foglio di calcolo su Excel sono presenti i dati di tutti e cinque i reparti produttivi per semplificare i processi di analisi dati, per quanto riguarda i tempi di confezionamento, invece, vengono riportati in una tabella separata.

2.4 ANALISI DATI DI PRODUZIONE

All'interno dell'azienda Pastiglie Leone, attualmente, i dati vengono raccolti sotto forma di tabella Excel vista nel paragrafo precedente e vengono analizzati principalmente per: tracciare l'andamento della produzione, calcolare i tempi ciclo dei processi produttivi, semplificare la pianificazione della produzione e fare delle stime sui costi tramite calcoli della produttività e dell'incidenza della manodopera sui processi produttivi.

- Calcolo tempi ciclo dei processi produttivi; per ottenere questa informazione, è necessario calcolare la quantità di prodotto realizzato in un dato tempo, per ogni processo produttivo.
  La formula utilizzata è la sottostante:

$$Tempo\ ciclo\ \left[\frac{h}{kg}\right] = \frac{Ore\ impianto\ [h]}{Quantità\ Prodotta\ [kg]}$$

  Una volta calcolati i tempi ciclo di ogni sotto processo si possono ottenere i tempi di lavorazione complessivi legati ad ogni prodotto, andando a sommare tutti i tempi dei processi che compongono quell'articolo, considerando anche i tempi medi di fermo macchina e di eventuali tempi di setup. Questi dati vengono analizzati per effettuare stime sui costi associati alla produzione e per avviare processi di ottimizzazione.

- **Calcolo produttività oraria**;
  Questo dato viene elaborato per ogni processo produttivo e si ottiene mediante la formula:

$$Produttività\ \left[\frac{kg}{h}\right] = \frac{Quantità\ Prodotta\ [kg]}{Ore\ impianto\ [h]}$$

Il dato che viene utilizzato è la produttività oraria media, ottenuta mediante sommatoria della quantità prodotta in chilogrammi all'interno dello stesso processo e la si divide per la sommatoria delle ore di funzionamento dell'impianto associato a quel processo, registrate in un determinato lasso di tempo; solitamente si va a considerare i dati registrati negli ultimi dodici mesi.

Può essere utilizzato per monitorare l'andamento della produzione nel tempo, rappresenta un dato significativo poiché può riflettere eventuali problematiche all'interno della lavorazione in caso di produttività basse rispetto allo standard, quali tempi di fermo macchina, inefficienze dovute all'attesa di materie prime o strumenti, procedure imprecise o presenza di scarti.

- **Programmazione della produzione**;

  Si tratta di un processo fondamentale per un'impresa, il cui fine è quello di definire le attività produttive necessarie a soddisfare sia le richieste dei clienti che i piani aziendali, che devono essere in linea con gli obiettivi della compagnia riguardo agli obiettivi economici quali qualità dei prodotti, gestione delle scorte, puntualità della consegna degli articoli.

  L'attività di programmazione deve rispettare le caratteristiche dei processi produttivi e i vincoli del sistema, dati dalla capacità produttiva dei vari macchinari, le caratteristiche dei processi produttivi, dalla ripartizione della manodopera disponibile. La quantità di semilavorati e prodotti finiti programmata viene decisa dal programmatore della produzione che inizia analizzando i dati raccolti, come la produttività oraria e giornaliera per processo di produzione e la disponibilità di manodopera, per poi creare degli standard di produzione da raggiungere.

- **Calcolo incidenza manodopera**:

  Questa voce indica quante ore del personale sono necessarie per produrre un chilo di prodotto o di semilavorato in un dato processo, la formula che si utilizza è la seguente:

$$Incidenza\ manodopera\ \left[\frac{h}{kg}\right] = \frac{Ore\ uomo\ [h]}{Quantità\ Prodotta\ [kg]}$$

  Questa operazione si effettua per ogni processo di produzione e per ogni prodotto realizzato in azienda, in modo da ottenere tutti i tempi di incidenza manodopera relativi ai vari processi.

  Il dato, in seguito, viene elaborato attribuendo un valore di costo orario del personale, per ottenere un costo di manodopera da associare alle varie fasi di lavorazione; infine, viene calcolato il costo di manodopera complessivo per ogni prodotto, dato dalla somma dei singoli processi che lo compongono.

2.5 LIMITI E DIFFICOLTÀ RISCONTRATE CON IL SISTEMA ATTUALMENTE IN USO

2.5.1 TRACCIAMENTO DEI SEMILAVORATI

All'interno del sistema ERP aziendale, è possibile vedere la giacenza dei prodotti finiti che entrano in magazzino alla fine dei processi di confezionamento degli articoli, ma non dei semilavorati.

Come prodotti finiti non vengono considerati i prodotti singoli confezionati, come ad esempio una tavoletta di cioccolato fondente 70% oppure una scatoletta di pastiglie, ma l'insieme di questi semilavorati all'interno di unità di vendita con formato prestabilito, esempio un espositore da 18 tavolette di cioccolato fondente 70%. Da questo mancato tracciamento dei semilavorati risultano alcune problematiche a livello di gestione e programmazione:

- **Pianificazione dei piani di lavoro:**

  Per soddisfare la domanda degli ordini si conosce solamente il dato relativo ai prodotti finiti presenti in magazzino, ma non si ha il conteggio aggiornato in tempo reale di quanti semilavorati siano stoccati all'interno dei reparti di produzione, pronti per essere confezionati, e quanti siano da inserire all'interno degli espositori e delle unità di vendita. Attualmente in azienda, per conoscere questo dato è necessario ispezionare le ceste manualmente e contare le unità presenti all'interno, operazione che richiede tempo e non fornisce dati precisi.

- **Gestione materie prime:**

  Non essendo conteggiati dal sistema ERP i semilavorati, il sistema scarica le materie prime presenti in magazzino dalle distinte basi solo nel momento in cui un prodotto finito viene caricato a magazzino. Questa gestione causa un aggiornamento del magazzino materie prime sempre in ritardo, con semilavorati che possono rimanere stoccati anche per settimane, poiché il dato sulla giacenza delle materie prime che fornisce il sistema gestionale, non considera tutte le risorse impiegate per i semilavorati non caricati a magazzino. Questa mancanza di informazioni può causare un ritardo nell'approvvigionamento delle materie prime e può comportare sia un aumento dei costi, in base al grado di urgenza, che dei ritardi nel completamento degli ordini.

2.5.2 GESTIONE DEI DATI

Dai metodi di raccolta e gestione di dati di produzione illustrati nei paragrafi precedenti si evidenziano notevoli limiti e inefficienze, per il tempo impiegato, per la imprecisione delle informazioni raccolte e per la maggiore difficoltà nel programmare le attività coinvolte nella produzione.

I fattori principali a cui attribuire questi limiti sono:

- Le modifiche al piano di lavoro possono risultare molto laboriose, infatti, semplici cambi di dati o processi richiedono variazioni nella struttura delle tabelle

immagazzinate in file Excel, che può assorbire diverse ore di lavoro da parte di chi lo gestisce.

- Raccolta dati manuale non sempre ottimale; spesso le informazioni possono risultare inesatte o non complete, soprattutto quando vi sono dei passaggi intermedi tra l'operatore che compila schede cartacee preimpostate e il caporeparto che trascrive i dati su fogli di calcolo.

- Il tempo utilizzato nella compilazione delle schede di denuncia e autocontrollo potrebbe essere dedicato ad attività produttive.

- La pianificazione e la schedulazione della produzione risultano meno efficienti quando i dati analizzati si trovano all'interno di un numero vario di file. Questo perché le informazioni sono disposte in modo disorganizzato e ne scaturisce la difficoltà di elaborare i dati al livello di dettaglio richiesto. Di conseguenza il dispendio di tempo per ottenere risultati è notevolmente maggiore e l'affidabilità diminuisce; inoltre, si tende a sminuire e non considerare situazioni di lavoro non comuni poiché difficilmente trattabili con questi strumenti quali guasti improvvisi o mancanza di materiale.

- Molteplici informazioni divise tra i vari file degli utenti, si avverte la mancanza di un sistema centralizzato di dati che permetta di ottenere una visione comune e in tempo reale a tutte le parti coinvolte. (Cybertec, 2021)

Per superare queste problematiche principali e ridurre l'inefficienza di questi processi, l'azienda Pastiglie Leone SRL ha deciso di affidarsi a un sistema MES da introdurre nel reparto cioccolato dello stabilimento di Collegno (TO); questo per avere una fase di raccolta e analisi dati semplificata e ottimizzata ed una pianificazione e schedulazione della produzione assistita, il tutto inserito in un sistema automatizzato e centralizzato.

3 IL SISTEMA MES

3.1 DESCRIZIONE SISTEMA

Un sistema MES (Manufacturing Execution System) è un software che permette di informatizzare la raccolta e l'analisi dei dati della produzione e il monitoraggio dei processi produttivi.

La nascita di questi sistemi scaturisce da un bisogno sempre più centrale per le aziende di rilevare le informazioni legate al proprio ciclo produttivo e dalla necessità di gestire quantità di dati in costante crescita, in un contesto sempre più digitale, caratterizzato da *lead time* ridotti e da una forte domanda di prodotti personalizzati.

Ottenere una visione chiara sull'efficienza del sistema di produzione, su eventuali punti critici e sui costi che ne derivano diventa perciò essenziale per garantire la competitività di un'azienda.

Infatti, le soluzioni MES permettono di filtrare e analizzare i dati in modo semplice ed in tempo reale, il sistema è in grado di restituire informazioni che contribuiscono a migliorare l'efficienza di tutte le fasi delle attività produttive, dall'ingresso delle materie prime, passando per il lancio degli ordini di produzione fino ad arrivare alla realizzazione del prodotto finito. Inoltre, consente di ridurre gli sprechi grazie all'ottimizzazione delle risorse.

Il sistema prevede l'acquisizione dei dati di produzione in tempo reale e permette un monitoraggio sia delle attività produttive che dell'avanzamento degli ordini. A seconda dell'utilizzo che ne fa l'azienda il software può dare informazioni sull'andamento delle attività nei vari reparti, permettendo un confronto tra di essi in termini di efficienza, produttività, costi, ma anche di confrontare diversi stabilimenti nel caso di realtà aziendali più grandi. La visione complessiva sui processi che offre il software permette di reagire in tempi brevi ad eventuali imprevisti e di ridurre eventuali attività a basso valore aggiunto. (Tosi, 2018)

Il Manufacturing Execution System, oltre ad essere un sistema informativo per la raccolta dati, può anche essere considerato come un sistema di controllo della produzione e di supporto delle attività che coinvolgono aspetti come la manutenzione,

la gestione inventario, la qualità dei prodotti, la rintracciabilità dei lotti delle materie prime e del prodotto finito.

A livello di sistemi informativi aziendali, un software MES si colloca generalmente tra il sistema ERP e i sistemi SCADA (quando presenti) e PLC; come è visibile nell'immagine 6, in seguito, il sistema mette in comunicazione il livello operativo aziendale con quello decisionale, posizionandosi nel livello intermedio definito esecutivo.

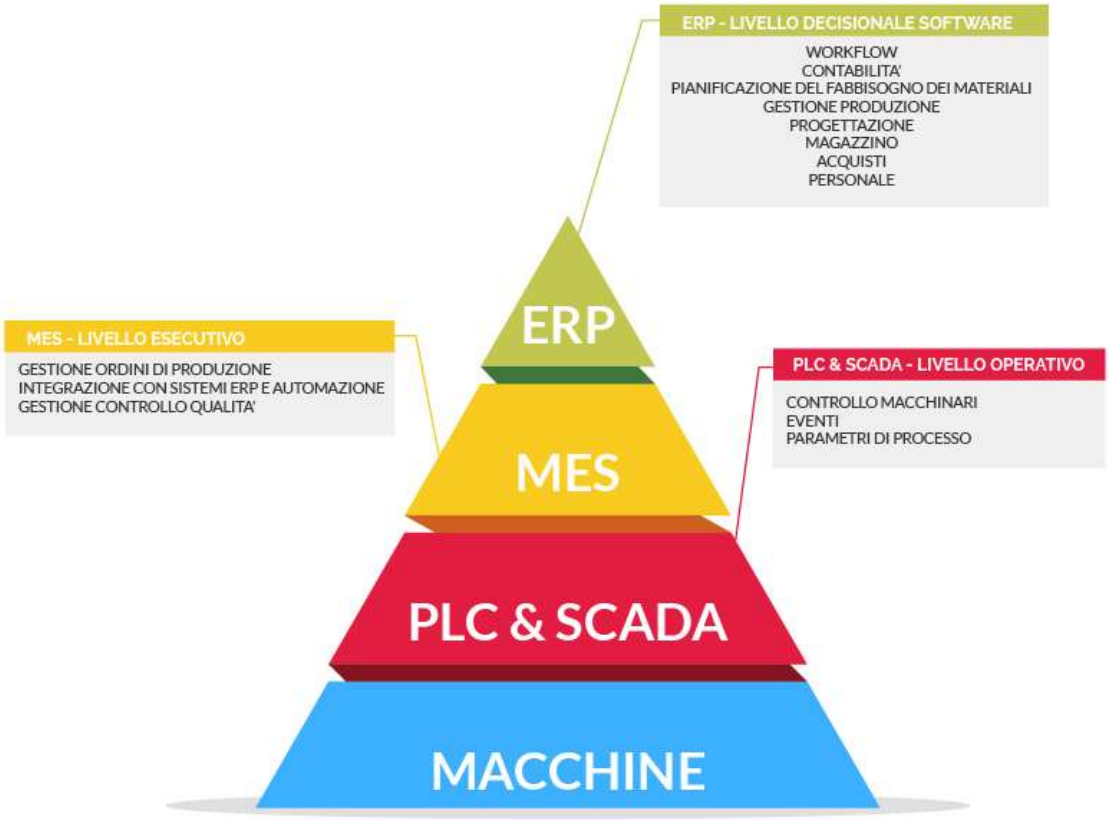

FIGURA 6: RELAZIONE GERARCHICA TRA I SISTEMI: ERP, MES, PLC & SCADA AZIENDALI (CASALI COMPUTERS , 2022)

Per ottenere una gestione dei flussi informativi aziendali efficiente è necessario che i vari sistemi siano ben integrati e il passaggio di informazioni tra un sistema all'altro sia lineare:

- Livello Decisionale: ERP, è un software utilizzato dalle aziende per facilitare l'automatizzazione e la gestione dei processi e delle risorse aziendali. Coordina le attività dei vari settori interni come la catena di approvvigionamento, le attività

finanziarie, le attività commerciali, produttive, di logistica e delle risorse umane all'interno di un'unica piattaforma. (Microsoft Dynamics 365, 2022)

- Livello Esecutivo: il MES mette in comunicazione i due livelli andando a estrarre i dati utili direttamente dai sistemi SCADA o dai PLC, dati di produzione come i tempi di lavorazione e di fermo macchina, il numero di pezzi prodotti, il numero di scarti. Una volta analizzati questi dati vengono trasmessi al software ERP.

  Tra le informazioni richieste dal MES al gestionale si hanno le anagrafiche articoli, il carico delle materie prime e gli ordini di produzione che vengono generati direttamente sull'ERP a partire dagli ordini di vendita oppure da previsioni di vendite. Inoltre, tra MES e ERP è importante che ci sia un continuo scambio di informazioni relativo alle giacenze di magazzino, ai movimenti di carico e scarico dei materiali e dei prodotti finiti e alla gestione dei lotti e delle date di scadenza associati. (Focus Industria 4.0, 2022)

- Livello operativo: un sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), ha la funzione di supervisionare, controllare e acquisire i dati di produzione direttamente dai macchinari.

  È gestito da uno o più computer interconnessi con funzione di supervisionare le varie unità periferiche, come i PLC, che si interfacciano direttamente con i processi di produzione, come l'impianto o i macchinari, tramite sensori e attuatori.

  I sistemi SCADA non sono in grado di comunicare direttamente con l'ERP, per questo motivo c'è bisogno di un sistema che faccia da "interprete", rendendo le informazioni fruibili per entrambi i sistemi, perciò la presenza di un sistema MES è fondamentale per avere una visione a 360 gradi dell'azienda. (Sielco Sistemi, 2022)

3.2 FUNZIONALITÀ

Per gestire al meglio il processo di scelta di un sistema MES è necessario valutare le funzionalità che i diversi sistemi offrono; tra le funzioni chiave che un MES deve svolgere ci sono:

- **Raccolta ed elaborazione dati *real time*:**

  Il sistema deve raccogliere ed elaborare grandi quantità di dati che provengono dai processi di ogni fase della *supply chain*: dai processi di approvvigionamento fino ai processi di distribuzione, di gestione dello stock e dei processi produttivi.

  Per quanto riguarda le fasi di approvvigionamento, sono necessari dati di inventario delle materie prime per tenere sotto controllo costantemente la disponibilità aziendale, dati di previsione della domanda e di lead time delle materie prime per efficientarne la fase di acquisizione e porre al minimo la presenza di stock secondo le esigenze aziendali; dettagli sui fornitori per valutare eventuali cambi qualora non mantenessero gli standard adeguati o se i costi dei processi non fossero sostenibili.

  La fase successiva riguarda la produzione, i dati raccolti forniscono indicazioni riguardanti: i volumi di produzione, tra cui i tempi di ogni lavorazione del ciclo, la qualità risultante e i suoi costi; le condizioni del personale, quali la sicurezza in azienda e la ripartizione ideale dei carichi di lavoro; le condizioni delle attrezzature, per pianificarne al meglio il mantenimento o la sostituzione; il grado di idoneità del prodotto, per valutare se i controlli effettuati siano adeguati o vadano modificati.

  Infine, vi è la fase di distribuzione, che ci dà informazioni riguardo a: dinamiche di spedizione verso il cliente, come i tempi di consegna e lo stato della merce una volta arrivata al cliente; preparazione delle spedizioni, valutando le performance del magazzino e della sua gestione, evidenziando la capacità e la modalità di stoccaggio della merce. Un importante indicatore da considerare è la percentuale di soddisfazione dei clienti, in funzione di resi e tempi di consegna. (Condemi, 2021)

- **Gestione dei processi produttivi:**

  Il sistema definisce e gestisce il piano di processo, nel quale vi sono dettagliate le regole della sequenza di esecuzione dei processi, le istruzioni di lavoro, le risorse e i requisiti di raccolta dati per ogni operazione e fase. Le istruzioni di lavoro, riportate

in versione digitale, possono assistere gli operatori, i tecnici o gli addetti alla qualità attraverso la sequenza di processo appropriata, guidandoli nelle varie fasi.

- **Analisi performance in tempo reale**;

  Il sistema offre la possibilità di monitorare tutti i flussi produttivi in tempo reale, elaborando i dati forniti dai macchinari della linea di produzione o caricati manualmente dagli operatori; da un controllo costante derivano misurazioni più accurate dei vari costi o degli indicatori di efficienza relativi ai reparti di produzione. È possibile integrare pannelli di controllo per monitorare i KPI (*Key Performance Indicator*) desiderati in tempo reale e lo stato di avanzamento degli ordini.

- **Pianificazione e programmazione della produzione**:

  Fornisce una visione globale degli ordini di produzione pianificati e del loro flusso di produzione. Gli ordini di vendita vengono acquisiti direttamente dal sistema ERP e una volta confermati dagli addetti alla pianificazione della produzione vengono convertiti in ordini di produzione che sono visibili direttamente dagli operatori giornalmente; le attività vengono sequenziate in base all'indice di prioritizzazione assegnato, semplificando il lavoro del programmatore della produzione.

  Inoltre, la visibilità che il sistema offre riguardo alla quantità di ogni unità o lotto all'interno del ciclo di produzione, a quali materiali sono necessari e a quando lo sono, aiutano nella pianificazione dell'inventario e nell'affidabilità dei tempi di consegna riportati ai clienti.

- **Esecuzione e monitoraggio attività di produzione:**

  Il MES è un sistema di controllo automatizzato che ha tra le sue funzioni la gestione e il monitoraggio in tempo reale dello stato di avanzamento degli ordini e delle attività *Work in Progress,* semplificando le attività di monitoraggio dei processi; ha come obiettivo quello di incrementare la produttività, ridurre i tempi ciclo e rendere le operazioni più distinguibili in modo da individuare e risolvere i colli di bottiglia. (Engineering USA, 2022)

- **Integrazione con i sistemi ERP e PLM**

  Come visto nel paragrafo precedente, il MES deve essere in grado di integrarsi con gli altri sistemi informativi aziendali; da quelli gestionali come l'ERP a quelli operativi come lo SCADA e i PLC.

  Il MES ha il ruolo chiave di mettere in comunicazione il livello operativo aziendale, caratterizzato dalle attività di produzione, e il livello decisionale, gestito dai sistemi ERP.

- **Monitoraggio delle macchine in tempo reale:**

  Il sistema può raccogliere i dati di funzionamento acquisiti dalle macchine analizzando informazioni come i tempi di setup, l'utilizzo delle attrezzature, i tempi di lavorazione e di fermo macchina, i tempi di attesa nella produzione, con obiettivo di ridurre i tempi improduttivi. Un ulteriore passaggio reso possibile dal MES è quello di arrivare a un livello di controllo di manutenzione predittiva, ossia azioni di manutenzione che vadano ad anticipare la presenza di guasti, riducendone così il numero e i tempi di inattività, il MTTR (*Mean Time To Repair*) e di conseguenza abbassando la complessità delle riparazioni e i relativi costi.

- **Gestione delle risorse a disposizione:**

  Il software possiede alcune funzioni per gestire le risorse in produzione, come materiali, utensili e attrezzature ausiliarie.

  Una funzione è quella denominata TRM (*Tool and resource management*), che permette di gestire lo stato delle risorse operative, determinando quali utensili sono disponibili, quali sono compatibili e con quali macchine, valutando le loro condizioni con obiettivo di fare manutenzione predittiva.

  Un'altra funzione fondamentale è quella della logistica dei materiali e della produzione, che fornisce informazioni sui materiali in circolazione, sia internamente all'area produttiva che nelle aree di stoccaggio, per poter avviare le attività di trasporto nei tempi corretti. Questo sistema traccia le quantità delle risorse impiegate in tempo reale, aggiornando i consumi delle materie prime dopo ogni lavorazione, permettendo una gestione ottimale dello stoccaggio dei materiali. (Lustgarten, 2020)

- **Controllo qualità**:

  Permette di integrare la qualità nel prodotto e nei processi con delle verifiche in fase di produzione.

  Può essere inserito all'interno del MES un modulo per monitorare i parametri del ciclo produttivo e rilevare eventuali non conformità, quali articoli non in linea con il prodotto atteso, rilavorazioni e scarti di produzione. Questo controllo include:

  - Controlli statistici di processo (SPC); il sistema acquisisce ed elabora i dati che successivamente confronta con i parametri di riferimento per determinare se rientrano nella tolleranza. In caso di non conformità il sistema può inviare un allarme per avvisare le parti coinvolte. Tutti questi dati rimangono all'interno del MES e possono essere analizzati per tenere conto delle tendenze, aiutando l'identificazione di tali errori e la loro prevenzione.
  - Gestione delle non conformità; monitorare e registrare gli aspetti tecnici, le condizioni di produzione e i materiali utilizzati nei prodotti che registrano delle non conformità, in modo da introdurre delle misure correttive e misurarne l'efficacia.
  - Controlli delle merci in arrivo; modulo per tracciare e registrare la qualità delle merci entranti, standard per valutare l'accettazione dei lotti all'ingresso. Questa funzione semplifica i processi di valutazione e confronto qualità tra diversi fornitori.
  - Gestione delle attrezzature di ispezione; aiuta i processi di collaudo degli strumenti di misura utilizzati nelle ispezioni, nelle tempistiche corrette secondo gli standard richiesti.
  - Elaborazione dei dati di processo; il sistema acquisisce dati dalla produzione, come temperatura e umidità, e li confronta con i limiti di tolleranza o di intervento richiesti. (Lustgarten, 2020)

- **Tracciabilità e rintracciabilità:**

  Soprattutto nell'industria alimentare, dove le norme di sicurezza sono molto severe, è importante sviluppare un efficiente meccanismo di monitoraggio della qualità dei prodotti.

Una soluzione MES è in grado di gestire i numeri di serie, gli identificativi dei lotti e la tracciabilità dei prodotti che si spostano all'interno dell'impianto di produzione; inoltre la reportistica viene centralizzata nel sistema, creando uno storico delle informazioni che porta ad un miglioramento della qualità dei prodotti, in quanto si è in grado di riconoscere le cause dei difetti e delle non conformità in tempi ridotti. Nella reportistica vengono mostrati tutti i rapporti di genealogia tra le materie prime e i semilavorati derivanti, con la possibilità di risalire ai lotti appartenenti ad ogni materia prima e semilavorato. (Lustgarten, 2020)

- **Gestione della manodopera**:

  Funzioni per facilitare la gestione delle persone coinvolte nelle operazioni.

  È possibile analizzare i dati sui carichi di lavoro e di conseguenza organizzare flussi di lavoro continui e ottimali per il personale a disposizione, evitando sovraccarichi, con benefici in termini di sicurezza, di qualità e di motivazione da parte degli operatori.

  Possono essere inserite le qualifiche, le certificazioni e le *skills* acquisite del personale, per migliorare la distribuzione degli incarichi.

  Può contribuire a implementare sistemi di bonus basati su incentivi, utilizzando i dati di performance reali degli operatori.

  Inoltre, facendo dichiarare all'operatore direttamente sull' interfaccia utilizzata i tempi di inizio e fine lavorazione, il calcolo dei costi di manodopera risulta più facile da tracciare. (Lustgarten, 2020)

3.3 BENEFICI

Implementando un sistema di esecuzione della produzione, un'azienda può migliorare i profitti senza sacrificare la qualità o la sicurezza. Un sistema affidabile e ben collaudato però può offrire molteplici benefici alle aziende che riescono a sfruttare a pieno il suo potenziale.

Nell'era moderna, in cui tutte le aziende si stanno adeguando a tecnologie basate sul digitale, un sistema MES sta rapidamente diventando una parte fondamentale delle

operazioni di qualsiasi stabilimento, per comunicare efficientemente con tutti gli elementi della catena verticale, come fornitori, spedizionieri, clienti e logistica.

Tra i principali benefici che si possono ottenere possiamo vedere:

- **Miglioramento continuo dei processi:**

  Per essere in grado di sviluppare un processo di miglioramento continuo le aziende hanno bisogno di reperire informazioni affidabili e in tempo reale su quel processo. A questo proposito, un vantaggio che offre il MES è quello di iniziare a identificare i punti di forza e di debolezza dello stabilimento, di stabilire strategie di miglioramento continuo coerenti e di seguire l'impatto reale delle azioni correttive utilizzate per migliorare la produttività, l'efficienza dell'azienda e ridurre i costi.

- **Miglioramento della qualità e riduzione degli sprechi:**

  Tramite l'analisi dei dati è possibile individuare in maniera istantanea eventuali cali di qualità nei prodotti, focalizzandone le cause. L'uso del MES, infatti, riduce gli scarti e gli sprechi di materiale grazie a impostazioni coerenti e razionali.

  Quando si verifica un errore in una fase del processo di produzione, il sistema è in grado di rilevarlo in tempo reale inviando un allarme alle parti interessate. Questo comporta un notevole risparmio di costi, considerando quanto prodotto potrebbe venire realizzato in maniera impropria nel giro di poche ore. (Badaraite, 2022)

- **Miglioramento della tracciabilità dei semilavorati e prodotti finiti:**

  Come già trattato nel paragrafo precedente, il sistema permette di tracciare i numeri di serie e gli identificativi dei lotti di tutte le materie prime, semilavorati e prodotti finiti andando a immagazzinare queste informazioni; perciò, in caso di non conformità di un determinato lotto, è possibile risalire in maniera semplificata a tutti i semilavorati e prodotti finiti che contengono quel lotto, rendendo il controllo qualità più efficiente.

  Inoltre, possedendo un archivio digitale, semplifica la consultazione dei dati raccolti in qualsiasi momento, aiutando il personale ad essere sempre pronto ad affrontare un eventuale audit, con relative domande sulla tracciabilità dei prodotti e sui campionamenti necessari.

- **Aumento dell'efficienza e della produttività:**

  L'utilizzo corretto del MES aiuta ad aumentare la produttività in tutte le fasi produttive e non produttive coinvolte, come le fasi di approvvigionamento, sviluppo, amministrazione e vendita. Infatti, si tratta di un sistema universale e accessibile a tutte la parti coinvolte nel team, che va a migliorarne la comunicazione e il passaggio di informazioni.

- **Riduzione giacenze:**

  Lo stoccaggio delle scorte in eccesso ha un costo importante per le aziende, perché vanno considerati i costi di produzione, di trasporto, di stoccaggio e di monitoraggio. Un sistema MES aggiorna costantemente i registri di inventario con la nuova produzione, i materiali utili e i prodotti. Di conseguenza, coloro che lavorano nelle aree acquisti, pianificazione della produzione e spedizioni sono in grado di vedere in tempo reale la disponibilità delle scorte e di sapere quando e quanto ordinare i nuovi materiali.

  Questo meccanismo permette all'azienda non solo di diminuire le scorte necessarie, ma anche di aumentare il livello di soddisfazione dei dipendenti e di servizio clienti, poiché avranno a disposizione ciò che serve per svolgere la propria mansione al meglio. (Quinn, 2018)

- **Aumento dell'utilizzo dei macchinari e riduzione dei tempi di inattività:**

  Il MES, grazie al controllo dei processi in tempo reale e alla raccolta dei dati di produzione, migliora i processi di manutenzione e i tempi di reazione agli imprevisti, implementando sistemi di notifica tempestiva dei fermi macchina e delle loro cause. Inoltre, grazie al monitoraggio delle materie prime e delle scorte di pezzi, è possibile eliminare le perdite di tempo, come i tempi di attesa dei materiali e degli strumenti ausiliari in produzione.

  Tutto questo favorisce un monitoraggio più efficiente dei KPI collegati, come il MTBF (*Mean time between failures*), il MTTR (*mean time to repair*) e MTTF (*Mean time to failures*), utili per efficientare la disponibilità dei macchinari.

- **Sostituzione dei fogli di calcolo e della documentazione cartacea**:

  Una digitalizzazione dei processi e della documentazione permette di ottimizzare i processi di gestione dell'informazione. Per le aziende che ancora utilizzano supporti di tipo cartaceo, come le stampe degli ordini, schede di commessa o procedure, permette di ridurne l'utilizzo migliorando la gestione della documentazione, riducendo errori e ritardi dovuti a latenze comunicative. Infatti, la compilazione manuale di documenti rischia di essere imprecisa e incompleta e poco monitorabile in tempo reale e inoltre, il tempo speso per rintracciare, archiviare e conservare i documenti non sono più un fattore di spesa per gli uffici.

  Un sistema centralizzato di dati favorisce l'ottimizzazione dei processi o lo scambio efficiente e fluido di informazioni, che possono essere consultati in qualsiasi momento su una piattaforma unica in modo semplice e intuitivo. (Badaraite, 2022)

3.4 RISCHI E SVANTAGGI

L'utilizzo di questi tipi di sistemi non è sempre semplice, bisogna considerare alcuni svantaggi e rischi a cui un'azienda potrebbe incorrere:

- **Lunghi tempi di sviluppo e alti costi:**

  Trattandosi di sistemi fortemente personalizzati, ogni azienda ha bisogno di trovare la giusta soluzione che sia adattabile alle proprie peculiarità; per questo motivo un sistema MES può richiedere anche tempi molto lunghi tra ricerca della soluzione, progettazione e implementazione del sistema. Inoltre, questo processo richiede un budget elevato tra l'acquisto del *Software*, delle apparecchiature *hardware,* più la parte relativa a manutenzione ed eventuale personale IT aggiuntivo, che nel caso di piccole aziende potrebbe risultare difficile da reperire.

  Durante l'implementazione potrebbero emergere delle modifiche da apportare rispetto al programma originale, ogni volta che si effettuano cambiamenti, tempi e costi del progetto possono aumentare.

- **Complessità del sistema:**

  Un altro elemento che può essere considerato come un ostacolo è la complessità di *software* di questo tipo, può succedere che il sistema non funzioni come previsto.

Nella maggior parte dei casi, ciò è dovuto a processi di implementazione non adeguati.

Per di più, un ulteriore rischio e che non vengano sfruttate a pieno tutte le funzionalità del sistema.

- **Rischi del cambiamento:**

  L'implementazione del MES potrebbe causare cambi radicali nelle procedure operative di produzione e di gestione, è importante che le persone coinvolte da questi cambiamenti siano consapevoli e allineati con gli obiettivi aziendali. In un primo periodo i nuovi procedimenti potrebbero causare difficoltà agli operatori e un rallentamento delle attività produttive, in aggiunta potrebbe emergere la necessità di organizzare periodi di formazione.

- **Raccolta dati adeguata:**

  È fondamentale per il corretto utilizzo del sistema che i dati raccolti dalle attività produttive siano reali e affidabili. Una scarsa implementazione di questa fase potrebbe pregiudicare tutta la riuscita del progetto, non fornendo dati utili per un miglioramento continuo dei processi produttivi. (Laganà, 2019)

3.5 STEPS NECESSARI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA MES

L'implementazione di un MES da parte di un'azienda è un processo molto complesso, che richiede un'analisi accurata del proprio business, per identificare i propri bisogni e obiettivi in modo da trovare la soluzione più adatta al proprio sistema, che sia facilmente integrabile con gli altri sistemi aziendali.

1) Il primo step necessario per implementare un MES è identificare i maggiori problemi all'interno dell'azienda e gli obiettivi di miglioramento che si vogliono conseguire. Questa fase di analisi è molto importante ai fini del progetto, poiché non considerando questi aspetti con accuratezza c'è il rischio che la soluzione implementata non soddisfi le aspettative, che si superi il budget previsto o che le tempistiche non siano rispettate.

Una volta fissati gli obiettivi del progetto e le caratteristiche del sistema che si va a ricercare, è necessario condividerli e ridefinirli con tutti i settori che verranno coinvolti, dai responsabili di reparto, ai responsabili dei sistemi informatici, ai responsabili degli acquisti, della pianificazione e della qualità; questo step è essenziale per andare a definire nel dettaglio i problemi in ogni aspetto della produzione e delle aree associate. (RAMANATHAN, 2017)

2) Identificare la soluzione più adatta al proprio sistema e la software house a cui rivolgersi; è necessario valutare i criteri su cui basare la propria scelta come:

- Completezza ed estensione funzionale del sistema MES: esaminare la capacità del sistema di operare e adattarsi flessibilmente a un'ampia gamma di necessità e bisogni richiesti dal cliente. In caso di crescita dell'azienda, il sistema deve essere in grado di estendere le proprie funzioni alle nuove necessità scaturite, per supportarla nel processo di crescita e nel controllo di gestione.

- Grado di integrazione con i sistemi informativi aziendali: questo aspetto è fondamentale per una corretta implementazione, vale a dire la capacità di integrarsi in modo semplice ai sistemi ERP già in uso in azienda e ad eventuali altri sistemi utilizzati quali SCADA, PLC, sensori.

- Configurabilità e semplicità di implementazione: il software deve essere semplice, intuitivo e altamente configurabile, essendo gestito da lavoratori con diverse funzioni all'interno dell'azienda, l'utilizzo di moduli preconfigurati diversi per ogni funzione ne facilita l'implementazione. L'interfaccia deve essere semplice e intuitiva da poter essere utilizzata sia dal personale di produzione che da chi opera nell'ambito del management in modo rapido ed efficace.

- Interconnessione e dialogo con macchine 4.0: una funzionalità da considerare nella scelta del sistema è la capacità di integrarsi con i macchinari e i dispositivi presenti nello stabilimento, in ottica di creare un ambiente di produzione 4.0.

L'interconnessione può essere realizzata tra macchinari già predisposti alla comunicazione in ambiente 4.0, ma anche tra macchine con diversa tecnologia, tramite speciali PLC programmabili che raccolgono segnali direttamente dall'elettronica della macchina o da sensori opportunamente integrati per la raccolta dei dati. Questa connessione permette di ricevere e fornire informazioni in modo automatizzato, andando a diminuire l'intervento dell'operatore e rendendo la produzione più veloce ed efficiente. (Qualitas, 2022)

3) Una volta scelto il fornitore del software inizia la fase di studio preliminare tra le due parti coinvolte, per permettere ai fornitori della software house di familiarizzare con i processi e le logiche aziendali del cliente.
   In questa fase di analisi, si vanno a delineare tutti i processi coinvolti nel progetto, il contesto nel quale verrà introdotto il MES, le potenziali problematiche delle fasi successive e le eventuali customizzazioni richieste dal cliente. Inoltre, si iniziano a delineare le interfacce necessarie tra il sistema MES e il gestionale ed eventuali interfacce con macchinari 4.0 e sistemi IoT.
   Per fare ciò è importante:
   - Acquisire tutte le proprietà associate ai prodotti/materiali che saranno coinvolti nella produzione.
   - Raccogliere e digitalizzare i percorsi di produzione, i processi di produzione, le ricette e i parametri di qualità.
   - Acquisire tutti i ruoli e il personale coinvolti nel processo e mapparli.

   Per trasmettere tutte queste informazioni a chi progetta il sistema sono necessari diversi incontri tra i progettisti e i lavoratori dei vari settori coinvolti nell'azienda, tra cui i responsabili dell'area Operations per i processi di produzione e logistica, il personale che opera nel controllo qualità, il personale dell'area IT e i responsabili dei reparti produttivi coinvolti.

4) Al termine della fase di studio viene prodotto da parte del fornitore un documento dettagliato riguardante l'analisi di progetto, che oltre a fornire una stima del progetto di implementazione, realizzato sulla base dei criteri di personalizzazione

richiesti dal cliente, va anche a trattare i principali benefici offerti dalla soluzione, i tempi e costi di implementazione.

5) Una volta progettata e implementata la soluzione del sistema MES, si passa alle fasi più tecniche, come l'installazione del database nella rete aziendale e dei moduli del Software nei dispositivi adottati dall'azienda, solitamente vengono utilizzati computer o tablet.

6) GO-LIVE; fase finale del processo, prevede attività di formazione e di affiancamento da parte dei fornitori agli operatori che devono utilizzare il sistema all'interno dei propri reparti, questa fase è fondamentale per la buona riuscita del progetto poiché in un ambiente dinamico come quello della produzione non è semplice modificare rapidamente i processi e gli strumenti utilizzati. L'affiancamento è perciò importante per andare a risolvere eventuali problemi dettati dalla personalizzazione delle diverse esigenze di ogni azienda. (DNC, 2022)

4 PROGETTO J-MES IN PASTIGLIE LEONE

In un mercato sempre più competitivo, all'interno di un'industria, come quella dolciaria, caratterizzata da regolamentazioni molto rigide e processi complessi che devono rispettare tempistiche e temperature prestabilite, emerge la necessità di queste aziende di innovare e digitalizzare i propri processi produttivi e le procedure derivanti. (DNC, 2022)

Per far fronte a queste richieste di mercato, il gruppo Pastiglie Leone ha deciso di implementare il sistema J-MES all'interno dello stabilimento produttivo a Collegno (TO).

In questo capitolo vengono trattate le attività necessarie alla realizzazione di questo progetto, i flussi con cui si interfaccerà il sistema che, in una prima fase, saranno limitati al reparto cioccolato e a quelli strettamente necessari con il sistema gestionale Manager, attualmente in uso nello stabilimento.

4.1 IMPLEMENTAZIONE SISTEMA J-MES

Inizialmente sono stati analizzati e modellizzati solamente i flussi relativi ai processi del reparto Cioccolato, come prototipo per valutare l'efficacia del sistema; la seconda fase prevederà un'estensione del sistema anche agli altri reparti dello stabilimento produttivo: Reparto Caramelle, Reparto Gelatine, Reparto Gommose, Reparto Pastiglie e Reparto Confezioni.

Il sistema mira a una completa digitalizzazione dei processi produttivi del reparto cioccolato, con conseguente ottimizzazione di altre aree funzionali, quali: pianificazione, magazzino, controllo qualità, gli uffici per l'approvvigionamento materiali e per il controllo di gestione.

Inoltre, permette di avere una visione completa ed in tempo reale di tutto il reparto produttivo tramite l'avanzamento dei task sulla linea. Infatti, il sistema J-MES permette di raccogliere le dichiarazioni di produzione, fermo, guasto e qualità direttamente dagli operatori. Il sistema consente anche di gestire completamente tutti i livelli di produzione intermedi della distinta base, con relativa generazione dei lotti e stampa delle etichette.

Per garantire una efficacia del sistema è necessario dividere il reparto per aree, ognuna delle quali corrisponderà ad una fase di lavoro con all'interno le macchine necessarie e ciascuna di queste fasi genererà uno o più semilavorati.

In ogni area verrà allestita una postazione dotata di computer con software J-Mes, che sia facilmente raggiungibile dall'operatore delle macchine utilizzate in una determinata fase di lavoro; le dichiarazioni di produzione saranno completate manualmente dall'operatore, che avrà la possibilità di visualizzare l'eventuale mancanza di materiali e segnalarli al magazziniere oppure segnalare note riguardanti anomalie e modalità di intervento, per preservare e diffondere il know-how. Un ulteriore possibilità è allegare eventuali informazioni, video tutorial su come svolgere correttamente una determinata fase.

Su ogni postazione è possibile vedere solamente gli ordini relativi alla macchina utilizzata in quella fase di lavoro, in modo da ridurre al minimo le possibilità di scelta e di errori da parte degli utenti.

Gli ordini di produzione nascono direttamente sul sistema J-Mes sulla base del modello di previsione dell'azienda che lo utilizza che, in questo caso, è un modello di previsione mensile. A questo punto il sistema, facendo riferimento alla distinta base del prodotto, genera gli ordini di produzione sia dei vari semilavorati che del prodotto finito. All'interno di questi ordini il sistema considera anche il lead time di produzione di ogni articolo, per calcolare le date di inizio consigliate per ogni ordine di produzione, permettendo inoltre di pianificare le date di acquisto delle materie prime necessarie automaticamente. (DNC, 2022)

4.1.1 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALL'IMPLEMENTAZIONE

Come è stato precedentemente descritto nel paragrafo "2.5 LIMITI E DIFFICOLTÀ RISCONTRATE CON IL SISTEMA ATTUALMENTE IN USO", le problematiche riscontrate a livello di tracciamento dei semilavorati, che comporta difficoltà nella gestione delle materie prime e nell'elaborazione dei piani di lavoro, e i limiti della gestione dei dati di produzione hanno portato l'azienda Pastiglie Leone a scegliere di implementare un sistema MES.

Di seguito, nella figura 7, viene riportata una lista di attività, sotto forma di diagramma di Gantt, che si sono rese necessarie per l'implementazione del MES, dalla fase di scelta del fornitore fino all'attivazione del sistema nel reparto produttivo. Per ogni attività viene riportato il tempo necessario al completamento in settimane.

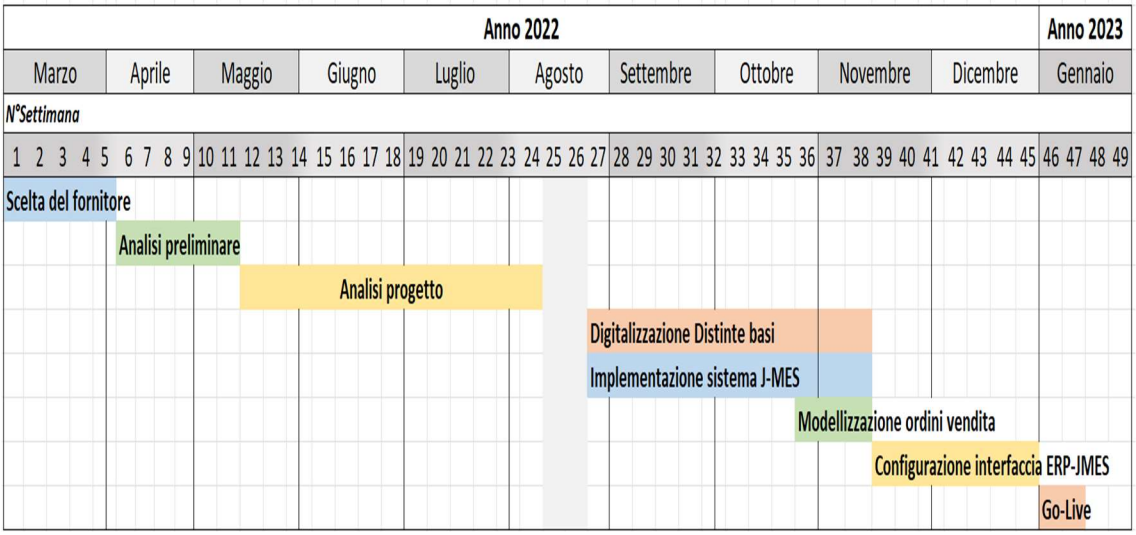

FIGURA 7: ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL PROGETTO MES

La prima attività rappresenta la scelta del fornitore; Dopo una fase di valutazione di differenti proposte, è stata scelta la soluzione J-MES fornita dal gruppo DNC (*Data Network Consulting*), azienda che opera nel settore dell'*Information Technology,* nel quale aiuta i clienti a realizzare e gestire programmi di *digital transformation*. (DNC, 2022)

La soluzione J-MES è stata selezionata principalmente per la sua flessibilità, poiché adattabile all'azienda Pastiglie Leone e a personalizzazioni su misura, alla sua possibilità di estensione in vista di un'espansione dell'azienda e alla sua capacità di integrarsi con i sistemi gestionali.

Nella prima fase di studio preliminare, avvenuta in Pastiglie Leone tramite incontri tra le due parti, sono stati delineati i dettagli coinvolti nel progetto quali: i processi di produzione, di movimentazione e di gestione; le potenziali problematiche da affrontare; le casistiche particolari che richiedono una soluzione personalizzata del sistema; le interfacce da configurare tra l'ERP e il MES; il numero di postazioni da attivare; i materiali utilizzati e i semilavorati da considerare; le procedure e i parametri del reparto qualità da digitalizzare e infine i ruoli e il personale coinvolti nel progetto.

In una seconda fase è stata fornita una proposta di progetto, da parte di DNC, divisa in due "*waves*", per permettere un'implementazione in maniera graduale del sistema nel reparto cioccolato. Le attività principali necessarie al compimento della prima fase sono quelle riportate in figura 7, dalla scelta del fornitore fino al Go-Live; la seconda fase invece sarà dedicata principalmente al passaggio ad un sistema di etichettatura delle materie prime e semilavorati, per poter inviare i dati al sistema direttamente tramite *bar code*, e alla gestione di analisi dati di produzione e analisi costi tramite integrazione di sistemi di *Business Intelligence*.

Le attività di analisi preliminari e di progetto hanno richiesto circa il 50% del tempo totale, questo perché sono fasi molto delicate in quanto dalle decisioni prese possono dipendere i risultati ottenuti; queste analisi si focalizzano principalmente sullo studio di dettaglio:

- Dei processi produttivi del reparto cioccolato; dove si va a delineare la struttura dei cicli di produzione e delle distinte basi, delle movimentazioni interne di tutte le materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti, i processi di confezionamento dei semilavorati, l'utilizzo dei magazzini.
- Dei processi gestionali; quali logiche di funzionamento del sistema gestionale "Manager" e la sua integrazione con il sistema MES, la gestione dei dati anagrafici come il lead time, l'assegnazione dei lotti e le date di scadenza dei prodotti.

Dopo la prima fase di analisi vi è stata una suddivisione dei task tra l'azienda cliente e l'azienda fornitrice; la prima si è operata per definire e digitalizzare tutte le distinte basi dei prodotti coinvolti nel progetto, come si può vedere in seguito nel paragrafo: "4.7.1 DIGITALIZZAZIONE DELLE DISTINTE BASI", e la gestione degli ordini di vendita, mentre l'azienda fornitrice si è adoperata nell'implementazione del sistema J-MES personalizzato per Pastiglie Leone.

Dopodiché è prevista una fase di configurazione dell'interfaccia tra il sistema ERP e il J-MES, nella quale vengono stabiliti i flussi di comunicazione e schedulate le procedure; sono previste attività di installazione del database del sistema Mes sulla rete aziendale e delle apparecchiature da inserire all'interno delle postazioni previste nei reparti.

Infine, è prevista la fase di Go-live, nella quale il sistema viene attivato direttamente nel reparto produttivo; dopodiché è prevista una fase di affiancamento da parte del

personale dell'azienda fornitrice per formare tutto il personale coinvolto, dagli operatori in prima linea al personale degli uffici, al nuovo cambiamento.

4.2 FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA J-MES

In una prima fase, l'interconnessione tra il J-MES e i macchinari presenti in azienda sarà limitata, per cui i dati ottenuti dal sistema verranno caricati manualmente dagli operatori all'interno dei moduli preimpostati per ogni fase di processo produttivo.

Le quattro postazioni computer all'interno del reparto cioccolato, più la quinta nel reparto confezioni, serviranno per raccogliere i dati relativi alla quantità di materie prime e semilavorati utilizzati, i numeri di lotto, i tempi di lavorazione per ogni fase, i risultati dei controlli qualità effettuati, eventuali procedure e annotazioni riguardo ai processi.

L'implementazione del sistema J-Mes può offrire molteplici funzionalità, inizialmente, dato che nella prima fase non saranno tutte disponibili, si occuperà di gestire le seguenti attività:

- **Pianificazione e avanzamento della produzione**:

  La pianificazione della produzione, in Pastiglie Leone, avviene in funzione delle previsioni di vendita del mese successivo, degli ordini di vendita e del livello di scorte minimo previsto per i vari prodotti finiti. Queste informazioni, elaborate dal sistema gestionale, verranno importate direttamente dal software J-MES che converte gli ordini previsionali e di vendita in ordini di produzione dei prodotti finiti necessari a livello mensile. Partendo dal prodotto finito, tramite l'esplosione delle distinte basi, verranno generati tutti i sottordini che compongono il processo, dalla creazione del primo semilavorato all'ultimo, considerando i tempi di produzione per ogni sottofase e consigliando le date di inizio per ciascun ordine di produzione e le materie prime necessarie.

  A questo punto, il personale che si occupa di programmare la produzione potrà decidere quali degli ordini suggeriti accettare e avviare di settimana in settimana. Gli ordini di produzione accettati andranno in esecuzione e saranno visibili direttamente nel reparto cioccolato sui computer nelle postazioni adibite e sui pannelli *realtime,*

posizionati sulle pareti e visibili da tutto il reparto, che mostreranno l'elenco di ordini da processare e il loro stato di avanzamento.

- **Movimentazione materie prime:**

  Attualmente tutte le materie prime entranti dal magazzino dello stabilimento vengono caricate sul sistema gestionale Manager; in una prima fase, con l'implementazione del sistema J-MES nel reparto del cioccolato, tutte le materie prime destinate a questo reparto verranno movimentate dal magazzino centrale presente sul gestionale ad un magazzino virtuale destinato unicamente alle materie prime del cioccolato. Da questo magazzino il MES andrà a ricevere le seguenti informazioni di questi materiali: quantità, numero di lotto, eventuale data di scadenza per i prodotti alimentari. Le giacenze dei materiali verranno aggiornate quotidianamente in base alle lavorazioni effettuate; inoltre, il J-MES suggerisce all'operatore i lotti dei materiali da utilizzare secondo la logica FIFO.

- **Movimentazione semilavorati e prodotti finiti:**

  Il sistema permette di tracciare tutte le materie prime e i prodotti che si muovono all'interno dell'impianto di produzione, registrando in un sistema centralizzato i numeri di serie e di lotto. Inoltre, nella reportistica, è possibile risalire in qualsiasi momento ai vari materiali utilizzati e prodotti, tramite i rapporti di genealogia registrati nelle distinte basi.

  Questa funzione di tracciamento, inoltre, consente di conoscere le giacenze di tutti i semilavorati inseriti a sistema e delle materie prime in un magazzino aggiornato in tempo reale, grazie allo scarico tramite distinte basi che avviene nel momento in cui termina una lavorazione.

- **Controlli qualità**

  Il sistema J-MES consente l'integrazione dei processi di controllo qualità all'interno del sistema quali: tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti che passano dall'essere gestite tramite fogli di carta ad una gestione affidata al sistema, che elabora i rapporti genealogici tra le materie prime e i dati che vengono inseriti dall'operatore; validazione delle masse che vengono controllate mediante tamponi, il sistema

permette di bloccare tutti i prodotti contenenti queste masse fino a quando non vengono sbloccate dal personale che esegue questi controlli; ci sarà in aggiunta la funzione di verifica dei macchinari, per controllare l'eventuale presenza di allergeni o contaminazioni, anche in questo caso sarà possibile risalire ai prodotti venuti a contatto con eventuali non conformità.

- **Raccolta dati di produzione**

  I dati di produzione saranno raccolti all'interno delle cinque postazioni inserite tra il reparto cioccolato e il reparto confezioni, come viene descritto successivamente nel paragrafo: "4.3 POSTAZIONI MES ALL'INTERNO DEI REPARTI".

  Questi dati forniranno informazioni più affidabili e dettagliate rispetto a: tempi di lavorazione di ogni processo coinvolto nella produzione e nel confezionamento dei prodotti del cioccolato; quantità di materiale entrante ed uscente da ciascuna lavorazione, con relativa creazione di articoli di semilavorato e calcolo di scarti; numero di lotto delle materie prime e semilavorati utilizzati per ogni fase; eventuali procedure tecniche o note sia per i processi di produzione che di manutenzione, integrabili anche con video tutorial.

- **Valutazione di efficienza degli impianti:**

  Tramite l'utilizzo di KPI è possibile valutare costantemente l'efficienza dei vari reparti produttivi e, in un futuro prossimo, gli eventuali impianti del gruppo Pastiglie Leone. Questi strumenti saranno necessari nell'organizzare logiche di miglioramento continuo dei processi.

- **Conto lavoro:**

  Alcuni prodotti vengono inviati a terzisti per il completamento di alcune fasi di lavoro, che generalmente vengono prodotti esternamente per mancanza di macchinari appositi all'interno dell'azienda, per quanto riguarda il processo di modellaggio e in alcuni casi anche il confezionamento. Il sistema J-MES permetterà di gestire questi processi che possono essere di diverso tipo:

  - Massa di cioccolato inviata direttamente in un tank o per mezzo di secchi a un fornitore esterno, il fornitore modellerà direttamente queste masse per

ottenere la forma desiderata e procederà al confezionamento, con il packaging personalizzato fornito da Pastiglie Leone.

- Il prodotto già modellato all'interno dello stabilimento viene inviato insieme al packaging ad un'azienda terzista che provvede al suo avviluppamento e confezionamento.

Il sistema MES in questi processi favorisce il tracciamento delle materie prime e dei semilavorati inviati esternamente, memorizzando i dati relativi ai lotti utilizzati, le quantità inviate e ricevute, le quantità ancora in lavorazione nelle varie aziende terziste; questi dati immagazzinati nel sistema centralizzato saranno facilmente consultabili dal vario personale dei settori che sono coinvolti in questi processi, come l'ufficio acquisti, la logistica per l'organizzazione dei trasporti, l'ufficio qualità e gli addetti alla pianificazione della produzione. (DNC, 2022)

- **Analisi dei dati:**

  All'interno del sistema sarà possibile, inoltre, vedere e consultare dati statistici tramite l'utilizzo delle viste analitiche di J-MES. A supporto di questi dati verranno utilizzati strumenti di Business Intelligence per elaborare al meglio informazioni strategiche.

4.3 POSTAZIONI MES ALL'INTERNO DEI REPARTI

All'interno del reparto cioccolato sono state adibite quattro postazioni, dotate di computer, per poter raccogliere i dati di produzione in tempo reale. Sono state posizionate in posti strategici del reparto, per minimizzare lo spostamento degli operatori tra i macchinari e i computer. La quinta postazione è stata attivata nel reparto del confezionamento, dove vengono confezionati i prodotti finiti, pronti per essere venduti.

1) Nella prima postazione sono state raggruppate le prime tre fasi del processo produttivo della massa di cioccolato: la cernita, la tostatura e la granellatura delle fave di cacao. Il compito dell'operatore sarà quello di selezionare la lavorazione sul sistema MES da effettuare, che andrà a richiedere i seguenti dati:

- Inizio Lavorazione; al momento dell'avvio della sottofase in questione l'operatore seleziona questa voce per avviare la registrazione dei dati.
- Fine Lavorazione; al momento del termine della sottofase l'operatore spunta questa dicitura per chiudere la lavorazione, il sistema registrerà di conseguenza il tempo di lavorazione del processo.
- Quantità di materie prime entranti; per le fasi di cernita, tostatura e granellatura sarà richiesta la quantità di fave di cacao utilizzate nei rispettivi processi.
- Quantità di materie prime uscenti: per le fasi di cernita e tostatura verrà richiesta la quantità di fave di cacao uscenti dalla lavorazione, nella fase di granellatura la quantità di granella ottenuta. Da questi due dati il software registra la quantità di scarto assoluta e di scarto percentuale del processo. Inoltre, per ciascuna di queste tre lavorazioni la quantità ottenuta corrisponderà alla quantità di semilavorato disponibile per essere lavorato nella fase successiva, dato consultabile in tempo reale.
- Numero di lotto; il sistema suggerisce le varie materie prime presenti all'interno del magazzino con relativo numero di lotto, l'operatore deve selezionare quello utilizzato.
- Segnalazioni; questa voce può essere completata dagli operatori, per segnalare un tempo di setup della macchina oppure dei tempi di fermo macchina che possono dipendere da guasti, da un'attesa di materiali o strumenti, possono inoltre segnalare delle pause dell'operatore. Anche il personale della qualità può effettuare delle segnalazioni tramite sistema nel caso rilevassero delle non conformità di processo o in seguito ad analisi effettuate sui prodotti.

2) La seconda postazione raggruppa due fasi; la prima composta da due sottofasi unificate, la miscelazione delle materie prime (granella di cacao, zucchero, latte in polvere nel caso di una massa di cioccolato al latte) e la raffinazione del composto ottenuto, mentre la seconda è composta dalla fase di concaggio.

   A differenza del caso precedente, le prime due sottofasi, la miscelazione e la raffinazione sono state unificate poiché attività in serie che non prevedono uno

stoccaggio intermedio e per semplificare i compiti dell'operatore. Di conseguenza verrà richiesto il dato relativo all'inizio della lavorazione prima della fase di miscelazione e il termine post fase di raffinazione, verrà inoltre richiesta la quantità di miscela entrante più il numero di lotto delle varie materie prime utilizzate.

Al termine di questo processo la quantità di impasto raffinato sarà equivalente all'impasto entrante nella fase di concaggio, poiché anche tra questi due processi non è previsto alcuno stoccaggio. Il numero di lotto del composto sarà generato dal sistema MES e uguale per le prime due sottofasi mentre, per la fase di concaggio, verrà richiesto il lotto delle materie prime in aggiunta; inoltre è necessario inserire l'inizio e fine lavorazione e la quantità di massa che viene trasportata all'interno dei tank per lo stoccaggio.

Non essendo prevista una fase di stoccaggio tra le tre lavorazioni, vi è la creazione del semilavorato solamente dopo la fase di concaggio, registrata come massa di cioccolato.

3) Nella terza postazione vi è la fase della modellatura, dove la massa di cioccolato viene trasportata dal tank a una macchina temperatrice, che permette di colare la massa all'interno degli stampi sulla linea di modellaggio alla temperatura corretta. All'inizio di questa fase l'operatore dovrà inizializzare la lavorazione e inserire la quantità di massa di cioccolato che si utilizza, con relativo numero di lotto suggerito dal sistema. Nel caso di prodotti misti come i lingottini, che all'interno hanno una crema mentre all'esterno massa di cioccolato, è necessario indicare le quantità di entrambi i semilavorati.

   Come dato in uscita, oltre alla fine della lavorazione, verrà indicata la quantità di prodotto nudo uscente, così da ottenere la quantità di scarto del processo.

4) La quarta postazione raggruppa le fasi di confezionamento dei prodotti che escono dalla linea di modellaggio, che si trovano principalmente in tre formati: tavolette di cioccolato, barrette e lingottini.

- Tavolette di cioccolato; il processo di confezionamento primario prevede un avviluppamento in bobina di alluminio e un imbustamento in buste di carta attraverso una macchina definita imbustatrice.
- Barrette di cioccolato; il processo di confezionamento è simile al precedente ma avviene tramite due macchinari differenti, nel primo la barretta viene avviluppata con una bobina di alluminio mentre nel secondo le barrette vengono inserite automaticamente in astucci di carta. Di conseguenza vi è la creazione e lo stoccaggio di due semilavorati diversi, uno sarà composto dalle barrette avviluppate mentre l'altro dalle barrette "astucciate".
- Lingottini; questi prodotti nudi vengono inseriti all'interno di una macchina avviluppatrice.

Il sistema pertanto richiederà all'operatore di inizializzare la lavorazione di confezionamento tra le quattro elencate precedentemente, indicando il numero di lotto delle materie prime e dei semilavorati entranti quali: gli imballi e il prodotto modellato nudo; la quantità di semilavorato entrante e il numero di confezioni ottenute nel caso di tavolette e barrette, di chili ricavati nel caso dei lingottini.

In seguito nell'immagine 8 è possibile vedere una raffigurazione del layout del reparto cioccolato con all'interno le quattro postazioni; i quadrati/rettangoli in rosso rappresentano l'area di lavoro per ciascuna fase di processo.

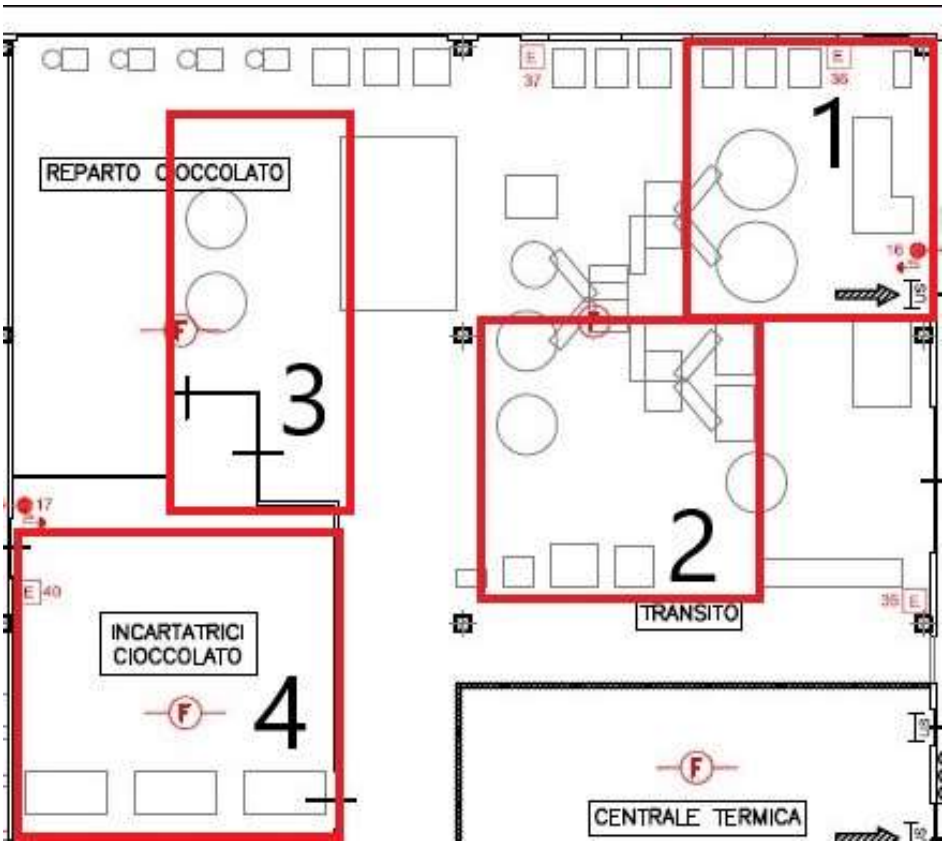

FIGURA 8: PLANIMETRIA RAFFIGURANTE LE QUATTRO POSTAZIONI DEL REPARTO CIOCCOLATO

5) La quinta ed ultima postazione sarà dedicata alla confezione dei prodotti finiti e sarà posizionata nel reparto confezioni.

   Qui verranno presi i semilavorati confezionati nella fase precedente e inseriti all'interno degli espositori per ottenere quelle che costituiranno le unità di vendita.

   I dati da fornire al sistema da parte dell'operatore saranno la quantità di semilavorato trattata, l'inizio e la fine della lavorazione, il lotto del prodotto e la quantità di unità di vendita ottenute al finale del processo.

4.4 INTERFACCIA CON L'ERP

Il sistema J-MES per poter operare dovrà gestire un flusso di interfacciamento dati con il sistema gestionale Manager.

Come si può vedere nella figura 9, riportata in seguito, questo flusso comprenderà uno scambio di dati riguardante:

- Anagrafiche articoli: il carico delle merci in ingresso in azienda viene effettuato sul sistema gestionale, con informazioni relative a quantità in ingresso, gestione dei lotti, lead time di approvvigionamento, date di scadenza per i prodotti alimentari; una volta caricate le materie prime, quelle dedicate al reparto cioccolato verranno movimentate su un magazzino virtuale all'interno dell'ERP da cui il sistema J-MES importerà automaticamente i dati forniti.
- Consumi materie prime: questo flusso di dati avverrà su base giornaliera dal MES all'ERP, a fine giornata infatti il sistema J-MES comunicherà i consumi delle materie prime ed eventuali rettifiche in seguito alle lavorazioni del giorno, senza focalizzarsi sulla produzione dei semilavorati che attualmente non vengono gestiti su Manager.
- Versamento PF: le dichiarazioni di versamento del prodotto finito alla fine dell'ordine di produzione verranno inviate dal MES all'ERP.

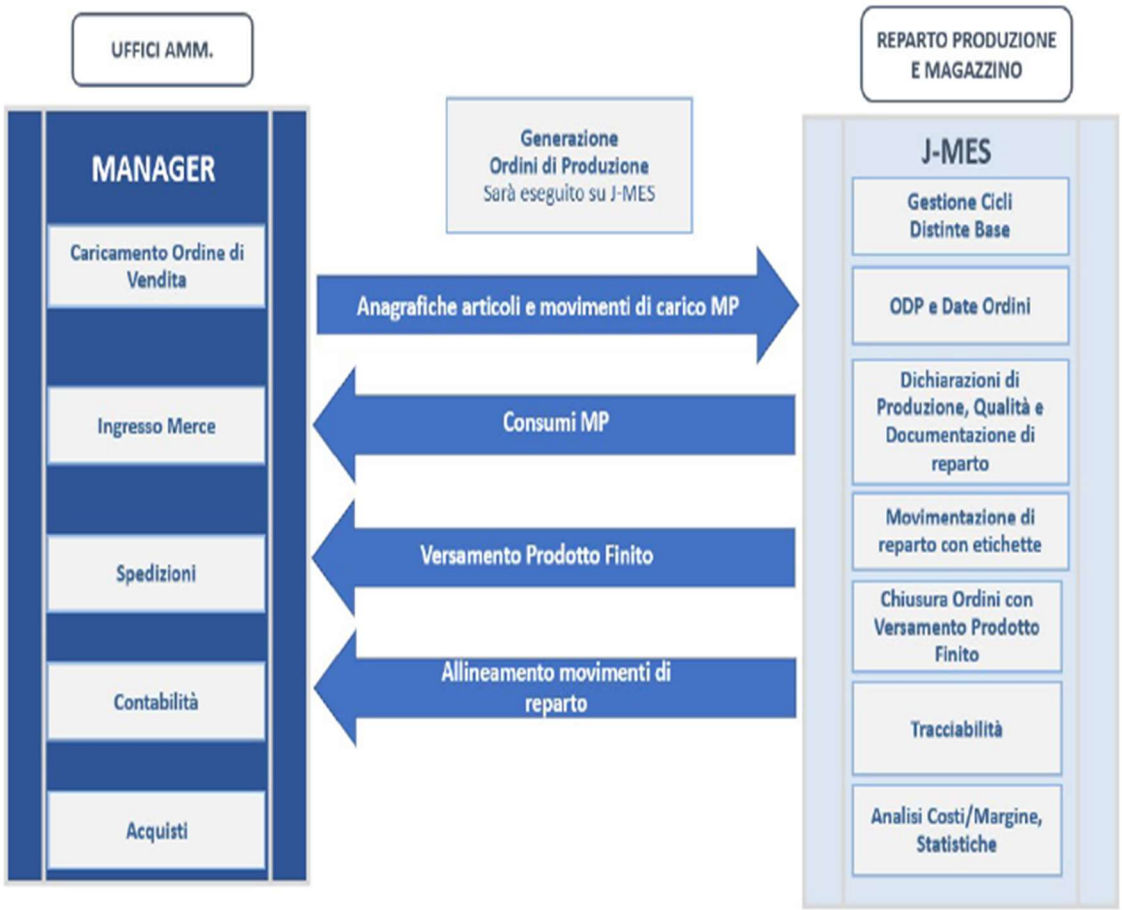

FIGURA 9: FLUSSO DI DATI TRA IL SISTEMA ERP AZIENDALE E IL J-MES

(DNC, 2022)

In questa fase progettuale, solamente le materie prime utilizzate esclusivamente dal reparto Cioccolato saranno impostate per essere gestite a lotti sul sistema ERP, con assegnazione al momento del movimento di carico. Per i materiali non coinvolti con il J-MES continuerà in via provvisoria la gestione cartacea dei lotti, questo per non andare a modificare i processi attualmente in utilizzo nei reparti non coinvolti dall'implementazione del sistema J-MES.

4.5 MODELLIZZAZIONE PROCESSI PRODUTTIVI

Come primo step per digitalizzare i processi e i prodotti all'interno del MES sono stati modellizzati i flussi dei processi produttivi tramite flow chart relativi alle principali linee di cioccolato:

- Cioccolato fondente
- Cioccolato al latte
- Cioccolato fondente grezzo
- Lingottini

In seguito in figura 10, è stato inserito un esempio di flow chart utilizzato per la linea del cioccolato fondente; al suo interno si notano due tipi di blocchi: i parallelogrammi bianchi corrispondono ai magazzini contenenti le materie prime e i semilavorati che vengono stoccati ed utilizzati nella linea dei prodotti del cioccolato fondente, mentre i rettangoli gialli rappresentano le fasi di produzione e di confezionamento necessarie.

Questo modello di flow chart è stato creato per facilitare la visualizzazione e comprensione dei processi produttivi, per quanto riguarda la successione delle lavorazioni, in quale di queste vengono utilizzate ciascuna delle materie prime e quando è necessaria la presenza di magazzini intermedi tra due fasi di lavorazione consecutive.

La descrizione delle fasi di processo in figura è stata trattata anteriormente nel Capitolo 1, nel paragrafo "1.3.1 CIOCCOLATO" per i flussi di produzione e nel paragrafo "1.3.3 CONFEZIONI" per i flussi di confezionamento.

Di tutti questi semilavorati ottenuti, grazie all'implementazione del MES, si avrà una visione precisa della giacenza e un'identificazione di lotto. Inoltre, è possibile fare una

valutazione a livello di costo di ciascuno di essi; il costo del prodotto finito sarà ottenuto in maniera deterministica tramite sommatoria di tutti questi semilavorati.

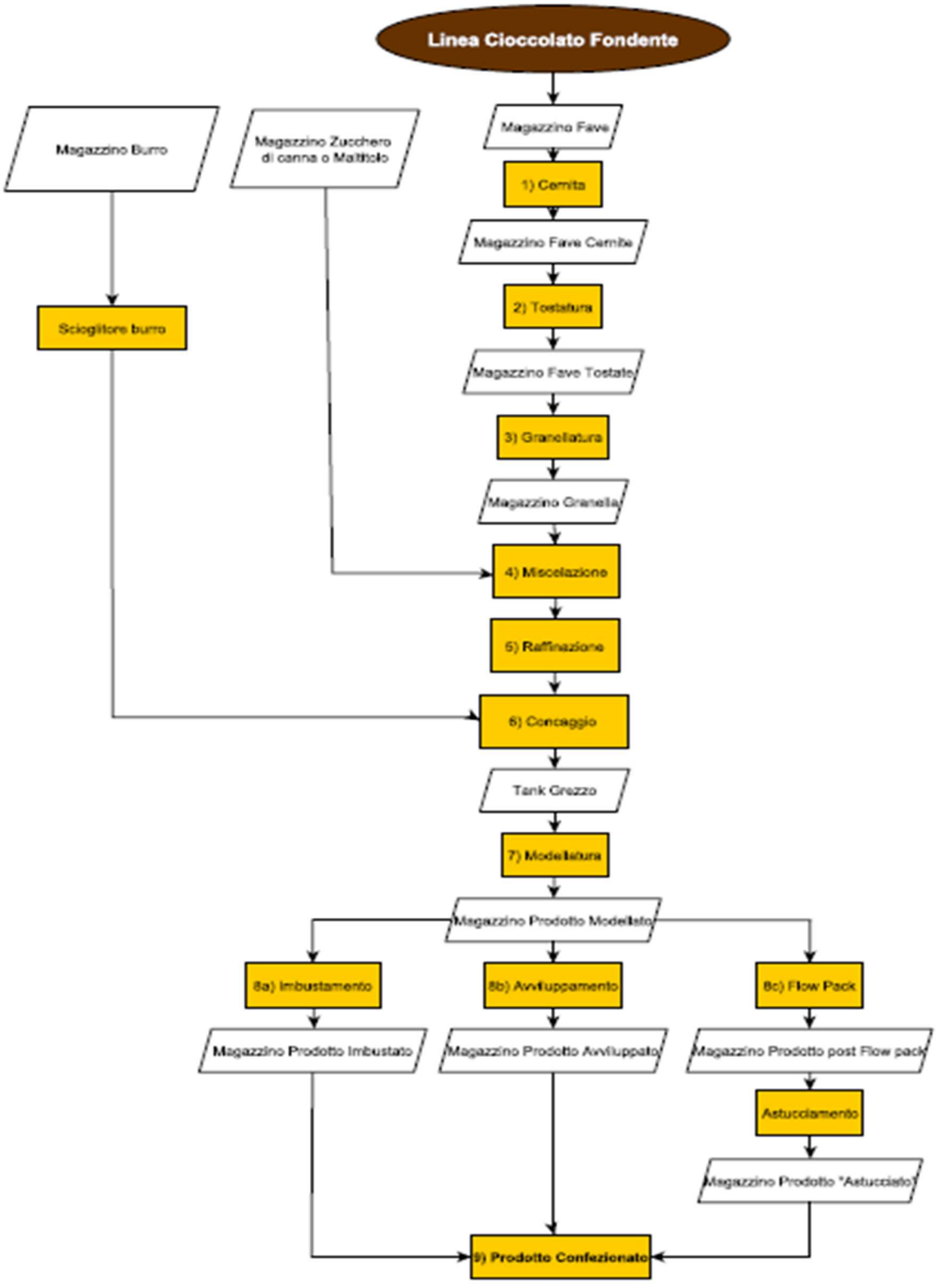

FIGURA 10: MODELLIZZAZIONE FLUSSI PRODUTTIVI DEL CIOCCOLATO

4.6 STRUTTURAZIONE DISTINTE BASI

Una volta modellizzati i processi si è passati alla strutturazione delle distinte basi, definendo il numero di livelli di semilavorati che sarebbe stato utile tracciare per ogni tipologia di prodotto.

Attualmente nel sistema gestionale Manager vi sono registrati al massimo tre livelli di semilavorati per prodotto poiché non vi è un sistema di tracciamento; per questo motivo si è andato a creare e codificare una serie di articoli intermedi per ogni categoria di prodotto.

Nella figura 11 è possibile notare come è stata strutturata la distinta base delle tavolette di cioccolato, in particolare un fondente 70%:

- Al livello 0 viene considerato il prodotto finito, ossia l'unità di vendita contente diciotto tavolette di cioccolato fondente 70%.
- Il livello 1 è rappresentato dal semilavorato confezionato, in questo caso la tavoletta di cioccolato all'interno della busta. Grazie alla creazione di questo livello il sistema J-MES è in grado di fornire in tempo reale il dato relativo alla giacenza delle unità di tavolette presenti in azienda.
- Il livello 2 è dato dal prodotto nudo ottenuto in fase di modellaggio e in attesa di essere confezionato; siccome questi semilavorati possono attendere anche diversi giorni prima di essere preparati è necessario avere un dato aggiornato relativo alle giacenze e rispetto al controllo qualità del prodotto, poiché in questa fase si effettua una verifica sulla presenza di allergeni.
- Nel livello 3 viene inserita la massa di cioccolato stoccata nei vari tank, per semplificare la gestione e la ripartizione delle varie masse; nel sistema attualmente in uso questo dato viene registrato su fogli di carta all'interno del reparto. Questo semilavorato viene ottenuto in seguito alla fase di concaggio e alle due sottofasi di miscelazione e raffinazione; la scelta di unificare i processi ha portato alla creazione di un solo semilavorato, per semplificare la gestione di raccolta dati e facilitare il lavoro degli operatori.
- I livelli 4-5-6 sono comuni a tutti i prodotti contenenti cioccolato poiché rappresentano le prime tre fasi di lavorazione delle fave di cacao.

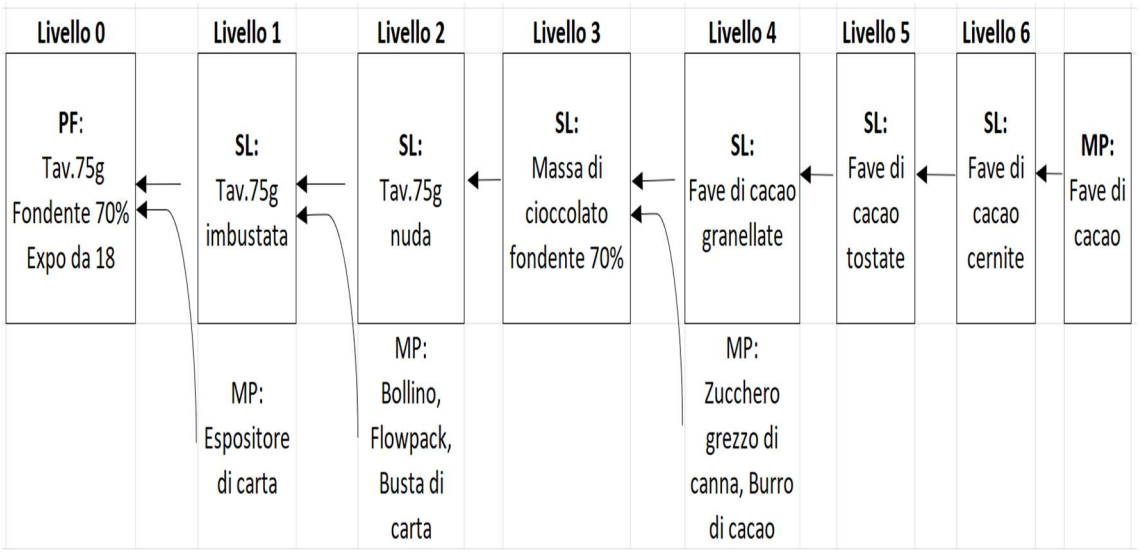

FIGURA 11: ESTRATTO DELLA STRUTTURAZIONE DELLE DISTINTE BASI: TAV.75G CIOCCOLATO FONDENTE 70%

Nel caso delle barrette di cioccolato vi è l'aggiunta di un livello nelle fasi di confezionamento, come visibile in figura 12. Infatti, il semilavorato nudo prima viene avviluppato nella macchina definita "flowpaccatrice", dando origine a un semilavorato di barrette definite "barretta flowpaccata" visibile nel livello 2 in figura; in seguito, attraverso la macchina astucciatrice le barrette vengono inserite in astucci di carta, formando il semilavorato definito "barretta astucciata", mostrata nel livello 1.

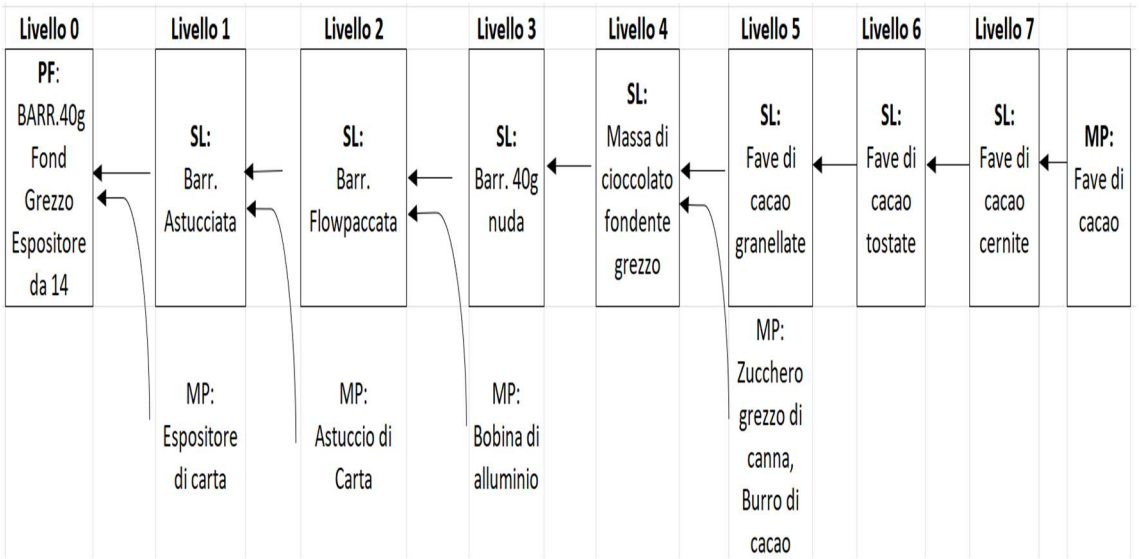

FIGURA 12: ESTRATTO DELLA STRUTTURAZIONE DELLE DISTINTE BASI: BARR.40G CIOCCOLATO FONDENTE GREZZO

4.7 DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI

L'implementazione del sistema J-MES mira, in una prima fase, ad una completa digitalizzazione dei processi produttivi del reparto cioccolato, con obiettivi di espansione del sistema agli altri reparti produttivi in una seconda fase.

Come è mostrato nella figura 13, mostrata in seguito, i processi che subiranno una digitalizzazione coinvolgono principalmente: il reparto produttivo, nel quale non vi sarà più una gestione dei dati di produzione mediante fogli di carta ma tramite software MES, inoltre gli ordini di produzione saranno visibili direttamente dagli operatori attraverso i computer a bordo linea e dai pannelli *realtime,* su ogni postazione sarà possibile vedere solamente gli ordini di produzione relativi alle lavorazioni correlate, per ridurre al minimo la possibilità di errori degli operatori; il magazzino, non vi saranno modifiche ai processi nella prima fase di implementazione, l'obiettivo sarà in una seconda fase quello di automatizzare il carico in ingresso delle merci sull'ERP tramite lettori barcode, utilizzabili anche per efficientare la dichiarazione dei semilavorati sul MES durante i processi produttivi; l'ufficio qualità potrà bloccare le masse di prodotto in attesa della verifica allergeni direttamente sul MES, mediante funzioni dedicate, e non più tramite cartellini su fogli di carta, il tracciamento degli articoli sarà gestito interamente tramite software; la pianificazione della produzione sarà supportata dal sistema, che suggerisce gli ordini di produzione da lanciare con relative tempistiche, aggiorna il responsabile della produzione mostrando gli ordini in lavorazione in tempo reale e permette di inviare messaggi che compaiono direttamente sui computer della postazione desiderata; permette all'area acquisti di consultare i livelli di magazzino aggiornati senza più il bisogno di contare i materiali e i semilavorati in giro per l'azienda non conteggiati, per procedere per tempo con gli ordini di acquisto.

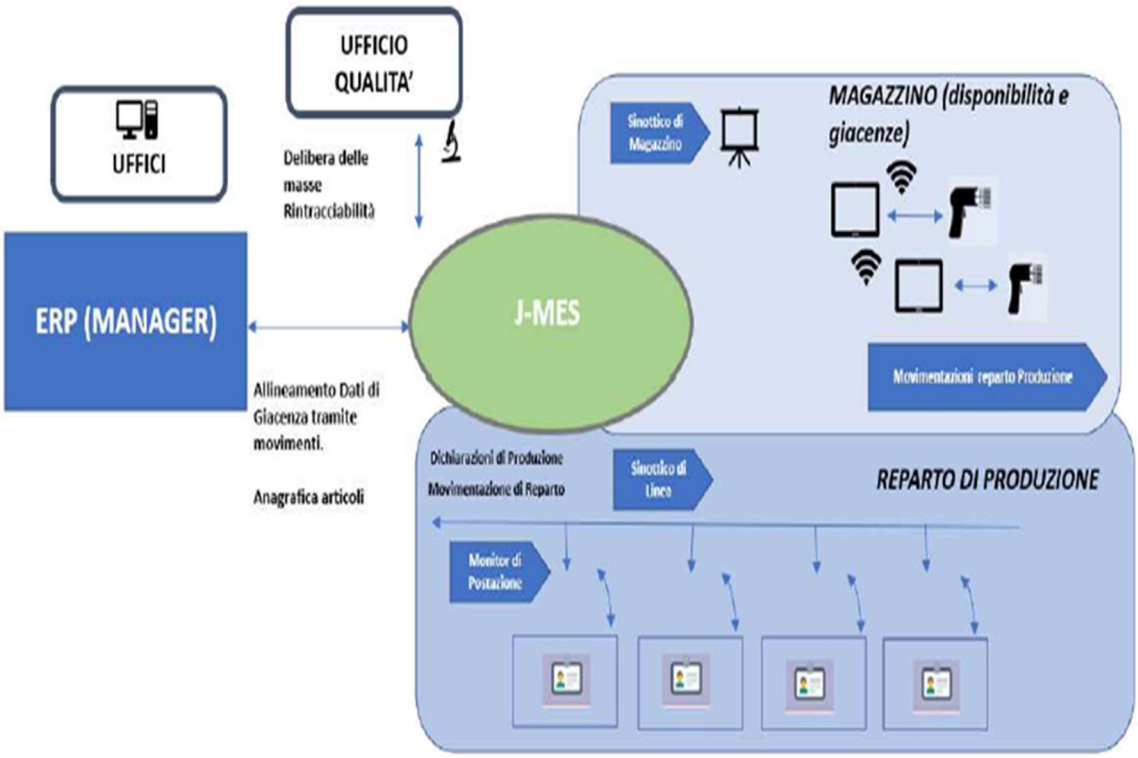

FIGURA 13: MODELLIZZAZIONE DEI PROCESSI IN ESSERE CON IL SISTEMA MES

4.7.1 DIGITALIZZAZIONE DELLE DISTINTE BASI

Una volta definita la struttura delle distinte basi, si è passati alla digitalizzazione delle distinte e dei processi produttivi al fine di riempire il database del sistema J-MES.

Sono state create due tipi di tabelle su fogli di calcolo Excel, la prima necessaria ad associare tutti i codici necessari quali: materie prime, imballi, semilavorati e prodotti finiti ad una descrizione dell'articolo e alla relativa fase di processo, come visibile in figura 14; la seconda tabella invece si è resa necessaria per definire la gerarchia e il coefficiente di trasformazione tra i diversi articoli (figura 15).

Nella figura 14 è possibile vedere come sia stato impostato il lavoro di associazione dei codici articolo riferiti ad un espositore di tavolette di cioccolato fondente 70%, lavoro che è stato eseguito per tutti i prodotti lavorati nel reparto cioccolato. In particolare, i dati utili ottenuti sono:

- Codice articolo; per le materie prime e i prodotti finiti è stata utilizzata la stessa codifica utilizzata in precedenza dal sistema ERP aziendale, mentre per quanto riguarda i semilavorati sono stati creati appositamente codici nuovi.

- Descrizione; è stata associata al codice articolo una descrizione per facilitare la comprensione nell'utilizzo del MES.
- UM Magazzino; unità di misura dell'articolo, per differenziare i codici misurati in unità (PZ) oppure in massa (KG).
- Tipo; tipologia dell'articolo, quali: prodotti finiti, semilavorati, materie prime e imballi.
- Tempo lavorazione; sono stati inseriti i tempi necessari, in minuti, per produrre una unità di misura dell'articolo in questione. Questo valore è stato ottenuto tramite l'analisi dei dati già posseduti e viene utilizzato come stima da comparare ai dati che verranno forniti dal MES.
- Tempo Setup: tempo di settaggio della macchina, se presente, o della preparazione utilizzata nella lavorazione.
- Macchina; macchinario a cui viene associata quella fase, se presente.
- Descrizione fase; fase di lavorazione da associare all'articolo, verranno raccolti i dati dal sistema MES riguardanti i tempi di ciascuna lavorazione.
- Sequenza; ogni fase è necessaria per la produzione di un semilavorato, nel caso di fase composta da un solo processo è stato utilizzato il codice "10", in caso di più sottofasi si è utilizzato un valore progressivo per identificare la sequenza. Per esempio, nella figura 14 si possono vedere come processi in sequenza:

  1) "Miscelazione-Raffinazione" → Sequenza "10"

  2) "Concaggio" → Sequenza "20"

  In questo caso dopo la realizzazione della fase "Miscelazione-Raffinazione" non verrà generato nessun semilavorato, poiché inizia un'altra sottofase, al termine della quale verrà generato il semilavorato "massa di cacao".

CODICE ARTICOLO	DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	TIPO	TEMPO DI PROCESSO (min)	TEMPO SETUP (min)	MACCHINA	DESCRIZIONE FASE	SEQUENZA
04.xxxxx	TAV.75g FONDENTE 70% N.18	PZ	PF	2,40	0	BANCO	CONFEZIONAMENTO	10
45.xxxxx	FONDENTE 70% IMBUSTATO	PZ	SL	0,55	0	CI_62	IMBUSTATURA	10
45.xxxxx	TAV.75g FONDENTE 70% NUDO	KG	SL	1,20	20	CI_34	MODELLAGGIO	10
45.xxxxx	MASSA FONDENTE 70%	KG	SL	1,50	0	CI_18	CONCAGGIO	20
45.xxxxx	MASSA FONDENTE70%	KG	SL	1,30	0	CI_15	MISCELAZIONE_RAFFINAZIONE	10
45.xxxxx	FAVA GRANELLATA	KG	SL	0,90	0	CI_03	GRANELLATURA	10
45.xxxxx	FAVA TOSTATA	KG	SL	0,50	5	CI_02	TOSTATURA	10
45.xxxxx	FAVA CERNITA	KG	SL	0,10	0	CI_01	CERNITA	10
52.xxxxx	ESPOSITORE TAV.75g N.18	PZ	IM					
52.xxxxx	BOBINA ALLUMINIO TAV.75g	KG	IM					
52.xxxxx	BUSTA TAV.75g 70%	PZ	IM					
52.xxxxx	BOLLINO TAV.75g	PZ	IM					
50.xxxxx	BURRO DI CACAO	KG	MP					
50.xxxxx	ZUCCHERO GREZZO DI CANNA	KG	MP					
50.xxxxx	CACAO IN GRANI	KG	MP					

FIGURA 14: ESTRATTO DELLA TABELLA CONTENENTE LE DISTINTE BASI REALIZZATE PER IL MES

I dati della tabella vengono presentati a scopo dimostrativo dopo essere stati modificati poiché rappresentano dati sensibili per l'azienda.

Una volta completato il lavoro di associazione dei codici articolo, si è passato alla creazione delle gerarchie tra i vari articoli, partendo dal prodotto finito e scomponendo a uno a uno tutti i semilavorati che fanno parte del processo, come visibile in figura 15.

Per la realizzazione di questa tabella sono state necessarie cinque colonne dove si possono notare:

- Attributo "Padre"; gli articoli qui presenti possono essere o semilavorati o prodotti finiti. Ciascuna riga della tabella rappresenta una relazione "Padre" - "Figlio", ad ogni attributo Padre possono corrispondere uno o più attributi Figlio.
- Attributo "Coefficiente"; rappresenta il coefficiente di trasformazione dell'attributo Figlio nel formare una unità di misura dell'attributo Padre.
- Attributo "UM"; rappresenta l'unità di misura del coefficiente e di conseguenza dell'attributo figlio.
- Attributo "Figlio"; possono essere semilavorati, materie prime o imballi, ad ogni attributo figlio corrisponde uno e uno solo attributo padre.

- Attributo “Prelievo”; può essere di tipo “M” (manuale) o “A” (automatico), nel caso di prelievo automatico il coefficiente di trasformazione rimane invariato, nel caso di prelievo manuale il coefficiente rappresenta un valore che può variare ed essere modificato in seguito a nuove analisi.

Per esempio, nel caso del prodotto finito mostrato in figura, l’espositore da 18 tavolette di cioccolato, l’attributo padre è il prodotto finito, il primo attributo figlio è la singola tavoletta di cioccolato, con coefficiente di 18 unità, mentre il secondo attributo figlio è l’espositore di carta con coefficiente di una sola unità.

PADRE	COEFFICIENTE	UM	FIGLIO	PRELIEVO
PF *(Expo da 18 tavolette di cioccolato)*	18	PZ	**SL 6** *(tavoletta di cioccolato)*	M
PF *(Expo da 18 tavolette di cioccolato)*	1	PZ	**Imballo 1** *(Espositore di carta)*	A
SL 6	0,070	KG	SL 5	M
SL 6	0,015	KG	IMBALLO 2	M
SL 6	1	PZ	IMBALLO 3	A
SL 6	1	PZ	IMBALLO 4	A
SL 5	1,020	KG	SL 4	M
SL 4	0,333	KG	SL 3	M
SL 4	0,333	KG	MP 2	M
SL 4	0,333	KG	MP 3	M
SL 3	1,050	KG	SL 2	M
SL 2	1,030	KG	SL 1	M
SL 1	1,010	KG	MP 1	M

FIGURA 15: ESEMPIO DI CREAZIONE DELLE GERARCHIE TRA ARTICOLI PER LA CREAZIONE DI UNA DISTINTA BASE

I dati della tabella vengono presentati a scopo dimostrativo dopo essere stati modificati poiché rappresentano dati sensibili per l’azienda.

Questo tipo di codifica e di creazione dei rapporti gerarchici è stato realizzato per gli oltre cento prodotti di cioccolato all’interno dell’azienda Pastiglie Leone. Una volta terminato sono stati importati i dati direttamente all’interno del software J-MES con lo

scopo di fornire tutti gli elementi necessari al sistema per svolere le proprie funzioni, dalla raccolta dati alla pianificazione degli ordini.

CONCLUSIONI

Nel presente elaborato vengono descritte le attività svolte dal personale dell'azienda Pastiglie Leone SRL al fine di implementare un sistema MES. La realizzazione di un sistema di esecuzione della produzione di questo tipo è dovuta al percorso di crescita che l'azienda vuole intraprendere e alla necessità di rendere sempre più efficienti i propri processi.

Come visto nei capitoli precedenti, l'implementazione di un sistema MES per un'azienda nel settore manifatturiero è necessaria al giorno d'oggi per rimanere competitivi; infatti, permette di implementare logiche di miglioramento continuo dei processi, miglioramento della qualità e riduzione degli sprechi, miglioramento della tracciabilità interna, con aumento di efficienza, produttività e riduzione delle giacenze.

Per quanto riguarda le azioni intraprese durante l'attività di tirocinio, la modellizzazione e la strutturazione delle distinte basi ha permesso di identificare il livello di dettaglio su cui il sistema MES dovrà agire per ogni prodotto, in modo da essere aggiornati in tempo reale su tutti i semilavorati che si è scelto di tracciare; questa soluzione porterà un notevole risparmio di tempo soprattutto per la pianificazione della produzione, che attualmente dipende molto dai semilavorati non tracciati che vengono contati manualmente con molta frequenza.

La digitalizzazione dei processi invece ha permesso al sistema J-MES di poter importare automaticamente tutte le distinte basi create, riducendo i tempi di implementazione, ee di avviare un lavoro di codifica di tutti i semilavorati non tracciati precedentemente sul sistema gestionale.

La sfida futura per Pastiglie Leone SRL sarà quella di riuscire ad utilizzare al massimo le funzionalità offerte dal sistema; tra le azioni di miglioria in programma per aumentare la digitalizzazione dell'impresa ci sono: utilizzo di bilance 4.0, acquistate nel corso del tirocinio, con software integrato di tracciamento dei campionamenti che potrà interfacciarsi con il sistema J-MES per monitorare i sovrappesi dei prodotti confezionati e rispettare le normative sui campionamenti; utilizzo di software di *Business Intelligence* per migliorare le analisi dei dati forniti dal MES; utilizzo di codici a barre con scanner per semplificare il lavoro degli operatori nell'inserimento dei dati all'interno della propria

postazione e di carico delle merci in ingresso nel magazzino; sviluppare un sistema di codifica più evoluto, che possa ricollegare i vari materiali ai rispettivi fornitori e i prodotti ai rispettivi clienti.

Ringraziamenti

Arrivato alla conclusione di questo elaborato, ma soprattutto di questo percorso di studi, desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno con pazienza supportato.

In primis vorrei ringraziare la mia famiglia che mi ha dato la possibilità di studiare e di viaggiare in questi anni, supportandomi sempre nelle mie scelte, incoraggiandomi ad andare avanti anche nei momenti più difficili; alla mia fidanzata che mi è stata accanto durante tutto il percorso di questi 5 anni, nonostante la distanza, regalandomi sempre un sorriso.

Agli amici di una vita, gli "Zuzzies", compagni di mille avventure e momenti, che mi hanno dato la forza in ogni situazione; ai miei compagni di corso con cui ho passato degli anni indimenticabili dentro e fuori dall'università.

Infine, vorrei ringraziare la professoressa De Maddis che mi ha aiutato nella stesura di questa tesi ed i miei colleghi in Pastiglie Leone, che, durante questi mesi da tirocinante, mi hanno aiutato a crescere sia a livello personale che lavorativo.

Bibliografia e sitografia

Riferimenti a siti web

- Badaraite, Z. (2022). *4 Benefits of Using a Manufacturing Execution System (MES)*. Engineering USA. https://www.engusa.com/en/posts/4-benefits-of-using-a-manufacturing-execution-system-mes
- Casali Computers. (2022). *MES Produzione - Industria 4.0*. Casali Computers. https://www.casalicomputers.com/mes-produzione-industria-4-0
- Condemi, J. (2021, 03 08). *MES (Manufacturing Execution System): come usarlo per analisi e controllo dei costi.* Industry4business. https://www.industry4business.it/industry-40-library/mes-manufacturing-execution-system/
- Cybertec. (2021, 06 02). *I 5 rischi del pianificare la produzione con Excel.* Cybertec. https://blog.cybertec.it/5-rischi-del-pianificare-la-produzione-excel
- DNC. (2022, 02 16). *Come implementare il sistema MES: la guida di DNC per il successo*. DNC. https://blog.dncsrl.com/come-implementare-il-sistema-mes-la-guida-di-dnc-per-il-successo
- DNC. (2022, 11 09). *JMES, l'unico tool per l'industria dolciaria e cioccolatiera.* DNC. https://blog.dncsrl.com/jmes-lunico-tool-per-lindustria-dolciaria-e-cioccolatiera
- Engineering USA. (2022). *Manufacturing Execution Systems (MES)*. Engineering USA. https://www.engusa.com/en/solution/manufacturing-execution-system-mes
- Focus Industria 4.0. (2022, 06 03). *SOFTWARE MES: PERCHÉ INTRODURLO IN AZIENDA? Focus Industria 4.0*. https://www.focusindustria40.com/software-mes/
- La Tua Italia. (2022). *Pastiglie Leone*. La Tua Italia. https://it.latuaitalia.ru/food-n-wine/pastiglie-leone/
- Laganà, F. (2019). *TESI DI LAUREA MAGISTRALE, Il Manufacturing Execution System.* Torino: Politecnico di Torino.

- Lustgarten, S. (2020, 12 10). *Core Features Of Manufacturing Execution Systems: What Functionality Should You Expect?* Tulip. https://tulip.co/blog/core-features-of-mes-manufacturing-execution-systems/
- Microsoft Dynamics 365. (2022). *Che cos'è ERP?* Microsoft Dynamics 365. https://dynamics.microsoft.com/it-it/erp/what-is-erp/
- NITTIS, E. M. (2021, 01 15). *Nostalgia marketing: così i brand ci conquistano.* Marketing Espresso. https://marketing-espresso.com/nostalgia-marketing-cosi-i-brand-ci-conquistano/
- Pastiglie Leone. (2021, 10 29). *LAVORAZIONE DEL CACAO: COME NASCE IL CIOCCOLATO GREZZO SECONDO L'ANTICA TRADIZIONE ARTIGIANALE.* Pastiglie Leone. https://pastiglieleone.com/blogs/notizie/lavorazione-del-cacao-come-nasce-il-cioccolato-grezzo-artigianale
- Pastiglie Leone. (2022). *Il nostro cioccolato artigianale*. Pastiglie Leone. https://pastiglieleone.com/pages/cioccolato-leone
- Qualitas. (2022). *5 consigli per scegliere un Software MES.* Qualitas. https://www.qualitas.it/5-consigli-per-scegliere-un-software-mes/#:~:text=Software%20MES%3A%20I%20criteri%20per%20scegliere%20quello%20giusto,-Esistono%20sfumature%20sulle&text=5%2C%20vediamole%20assieme%3A-,Completezza%20ed%20estensione%20funzionale%20de
- Quinn, C. (2018, 03 28). *6 Advantages of a Manufacturing Execution System (MES) for Government Contractors.* Deltek. https://www.deltek.com/en/blog/manufacturing-execution-system-government-contractors
- RAMANATHAN, S. (2017, 01 24). *Tips for a successful MES implementation strategy*. Control Engineering. https://www.controleng.com/articles/tips-for-a-successful-mes-implementation-strategy/
- Sielco Sistemi. (2022). *Cos'è SCADA*. Sielco Sistemi. https://www.sielcosistemi.com/it/cosa-%C3%A8-scada.html
- Sowedo. (2022). *Digital Marketing, Le opportunità inesplorate*. Sowedo. https://www.sowedo.it/pastiglie-leone/

- Tosi, G. (2018, 12 10). *Cos'è un Sistema MES (Manufacturing Execution System)?* Opta. https://www.opta.it/industria-4-0/sistema-mes#:~:text=Per%20definizione%2C%20il%20Manufacturing%20Execution,di%20"gestionale%20di%20fabbrica"

Documenti interni all'azienda

- DNC. (2022). *Progetto Sistema J-MES.* Torino