

POLITECNICO DI TORINO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**Industry 4.0: L'Efficienza Della
Digitalizzazione**

Il caso della Mista SpA



Relatore:
prof. Settineri Luca

Candidato
Guardascione Rossella

Aprile 2018

Indice

ABSTRACT.....	2
1. INTRODUZIONE	3
2. INDUSTRY 4.0.....	5
2.1 Stato dell'arte	5
2.2 Piano Nazionale Industria 4.0	7
2.4 Piano Nazionale Impresa 4.0.....	8
2.5 Tecnologie coinvolte	9
2.6 Industry 4.0 in Fabbrica	11
3. MISTA SPA.....	23
3.1 Storia della MISTA spa.....	23
3.2 MISTA oggi	24
3.3 MISTA domani	51
4. SCELTA DEL FORNITORE.....	57
5. ANALISI COSTI BENEFICI.....	68
5.1 Perché investire	68
5.2 Focus sui costi	70
5.3 Focus sui benefici.....	72
5.4. Come cambia l'efficienza.....	75
Produttività	75
Trasparenza dei dati.....	75
Tracciabilità.....	76
Accessibilità delle informazioni	76
Usabilità.....	76
Resoconto	77
6. CONCLUSIONI.....	78
7. RINGRAZIAMENTI	Error! Bookmark not defined.
8. BIBLIOGRAFIA	79
9. ALLEGATI CENTRALI.....	81

ABSTRACT

La globalizzazione si confronta con la sfida di incontrare la continua crescita mondiale della domanda di capitale e beni di consumo garantendo, allo stesso tempo, uno sviluppo sostenibile dell'esistenza umana nella sua dimensione sociale, ambientale ed economica. Per affrontare questa sfida, la creazione di valore industriale deve essere sostenibile. Attualmente la creazione di valore per l'industria nei paesi in via di sviluppo è formato dallo sviluppo attraverso il quarto gradino dell'industrializzazione, la nota quarta Rivoluzione Industriale. Questo sviluppo garantisce immense opportunità per la realizzazione del manifatturiero sostenibile. Argomento dell'elaborato, sarà l'impatto della rivoluzione industriale sulle imprese italiane, in particolare per quanto riguarda l'azienda Mista spa per l'implementazione del progetto MES (*Manufacturing Execution System*). Prima di ciò ci si focalizzerà sullo stato dell'arte dell'*Industry 4.0*, basato sui recenti sviluppi in ricerca e pratica. Conseguentemente, sarà esposta una visione globale delle diverse opportunità per il manifatturiero sostenibile e le possibili sfide del *lean manufacturing*.

1. INTRODUZIONE

Nello scenario odierno un importante cambiamento si riscontra nella quarta rivoluzione industriale, meglio nota come *Industry 4.0*. È essenziale capire qual è questo cambiamento, nel settore industriale, così importante da essere considerato una nuova tacca sulla linea temporale delle rivoluzioni.

In questa tesi si affronterà, appunto il tema dell'*Industry 4.0*, focalizzandosi sull'Italia, ed in particolare su un'azienda manifatturiera sita in Cortiglione, la Mista spa.

Per iniziare saranno definiti chiaramente gli aspetti che caratterizzano la quarta rivoluzione industriale, che consiste precisamente nella connessione tra le macchine. Questo concetto, racchiude l'idea che i sistemi informativi, dapprima connessi con l'uomo, oggi possono connettersi l'uno con l'altro automaticamente; ciò di cui necessitano è una connessione, da una rete internet ad un cavo di rame.

L'innovazione quindi si identifica nelle macchine in fabbrica di qualsivoglia genere che possono interconnettersi le une alle altre, scambiando, dati, trigger, input, comandi, ... Ad ogni evento c'è una reazione, che diventa un nuovo input da comunicare ad un'altra macchina. Un ulteriore aspetto importante è la condivisione dei dati ed informazioni raccolti dalle stesse macchine o per mezzo dell'intervento umano, che non sono più vincolati ad un database locale, ma tramite il cloud possono essere reperiti in ogni momento e in ogni luogo, previa autorizzazione.

Affinché tutto ciò sia possibile è necessario affidarsi a nuove tecnologie, software e hardware, la cui implementazione e produzione sta crescendo, consentendo a nuove imprese di specializzarsi nel settore e crescere.

Questo vortice di innovazione è stato individuato come un'occasione di crescita anche dal Governo Italiano, che ha stanziato fondi e delineato molti incentivi con la Legge di Bilancio, perché le aziende manifatturiere italiane potessero interessarsi alla nuova tecnologia e diventare competitive a livello globale.

Così, la Mista, operativa nel settore manifatturiero, specializzata nello stampaggio plastica e nella tranciatura da oltre 40 anni, ha preso in considerazione la possibilità di innovarsi. In aziende di questo settore, l'*Industry 4.0* entra in fabbrica tramite il MES (*Manufacturing Execution System*), un sistema in grado di interconnettere le macchine a terminali predisposti per l'elaborazione dei dati e viceversa.

La decisione si svilupperà in diverse fasi: inizialmente sarà presentata un'analisi interna volta a comprendere dove sarebbe necessario innovare, in che modo, e di conseguenza saranno definiti obiettivi iniziali.

A seguire si analizzerà il mercato di fornitori, a partire da aziende già in contatto con la Mista perché fornitrici di altri prodotti e/o servizi, fino alle offerte presenti nel mercato di aziende specializzate esclusivamente nell'Industria 4.0.

I fornitori saranno scelti sulla base di referenze, esperienze, e funzionalità descritte su internet del sistema offerto chiarendo i requisiti definiti internamente e valutandone la fattibilità.

Sarà così possibile ricevere vere e proprie offerte specifiche per i requisiti e, sulla base del soddisfacimento di questi, e, solo in un secondo momento, sulla base del prezzo si potrà assottigliare la lista.

A conclusione del processo decisionale si effettuerà un'analisi qualitativa dei benefici e dei costi derivanti dall'implementazione del sistema MES che possa fornire una visione più chiara del vantaggio o dello svantaggio nell'investire nella tecnologia innovativa offerta dalla quarta rivoluzione industriale.

2. INDUSTRY 4.0

2.1 Stato dell'arte

La creazione del valore nei paesi in via di sviluppo è attualmente identificata dalla quarta rivoluzione industriale, c.d. *Industry 4.0*. Questo nuovo sviluppo aggiunge un valore importante quanto l'adozione di potenza vapore e di combustibili fossili per il funzionamento degli stabilimenti produttivi con la Prima Rivoluzione Industriale (fine 18° secolo), che ha permesso l'utilizzo di macchine azionate da energia meccanica, l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio che ha consentito la produzione di massa e la catena di montaggio nella Seconda Rivoluzione Industriale (inizio 20° secolo) e l'utilizzo dell'IT e dell'elettronica per realizzare un ancor più elevato livello di automazione nella produzione nel manifatturiero durante la Terza Rivoluzione Industriale (primi anni 70') per mezzo di robot industriali e computer.

L'industria 4.0 indica quel processo di digitalizzazione del settore manifatturiero che, rinnovando la catena del valore, cambia il modo di lavorare, ma anche la natura delle organizzazioni. Il nodo centrale dell'innovazione in fabbrica è la connessione tra le tecnologie che nell'industria 3.0 venivano usate singolarmente: essa è il collegamento in tempo reale tra umani, macchine e oggetti. In questo modo garantisce immense opportunità per la realizzazione del *lean manufactory* grazie alla sempre più diffusa struttura dell'ICT (*Information and Communication Technology*).

L'*Industry 4.0* si sviluppa lungo 3 dimensioni: integrazione orizzontale dell'intera creazione di valore tramite network; *end-to-end engineering* che comprende l'intero ciclo di vita del prodotto; integrazione verticale e sistema manifatturiero di rete.

L'integrazione orizzontale, tramite il network, grazie al quale è possibile interconnettere le risorse che intervengono nel ciclo di vita del prodotto, e tramite la digitalizzazione delle informazioni disponibili in tempo reale, apporta valore aggiunto al prodotto finito.

L'ingegnerizzazione *end-to-end* dell'intero ciclo di vita del prodotto include la digitalizzazione attraverso tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto: dall'acquisizione delle materie prime, alla lavorazione, all'utilizzo del prodotto alla fine del ciclo di vita [1].

L'integrazione verticale e il sistema manifatturiero di rete comprendono la digitalizzazione di diversa aggregazione e livelli gerarchici del processo produttivo per la creazione del valore.

L'ottimizzazione dei processi, implica efficienza e trasparenza; essa garantisce una comunicazione multidirezionale nell'ambito di tutti i processi produttivi, grazie al quale è possibile fronteggiare la variabilità e l'incertezza delle parti coinvolte nella catena del valore. Ciò richiede di tener conto di tutte le entità coinvolte, da persone a macchinari, a situazioni prevedibili o impreviste. L'industria 4.0 si potrà così adattare alla dinamicità del mercato, mantenendo una posizione di competitività. A tale scopo la fabbrica intelligente dovrà avere una elevata flessibilità e velocità di risposta alle esigenze di mercato e del cliente, per la produzione di una commessa o lo sviluppo di un servizio, e allo stesso tempo tempestività nel

reagire ad eventi e imprevisti. Con l'avvento dell'*Industry 4.0* ciò sarà possibile sfruttando ogni entità cyber fisica che avrà acquisito la capacità di lavorare in maniera intelligente realizzando l'attività richiesta efficientemente.

In particolare l'obiettivo è quello di creare sistemi ibridi (produttivi, commerciali, logistici) che siano in grado di gestire, interpretare e valorizzare la grande mole di dati disponibile grazie all'utilizzo delle tecnologie digitali.

Questo può avvenire grazie alla sensorizzazione delle macchine, al collegamento della parte fisica delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti con il loro duale digitale, all'integrazione della parte fisica dell'azienda con i sistemi informativi usati. In questo modo, i dati disponibili possono essere trasformati in informazioni (dati interpretati), capaci di migliorare la gestione dei magazzini, la produzione, le movimentazioni interne, ma anche gli acquisiti a monte e le vendite a valle.

I risultati di questo cambiamento si vedranno da un lato nell'aumento della produttività e dell'efficienza, attraverso la flessibilità ottenibile dall'integrazione delle nuove tecnologie. Dall'altro lato si potranno sfruttare le nuove tecnologie al fine di esplorare soluzioni per il miglioramento dei margini di profitto sviluppando nuovi modelli organizzativi e di business. Imprenditori e manager avranno a portata di mano informazioni di valore attraverso le quali prendere decisioni più consapevoli basate su dati ed evidenze piuttosto che su supposizioni.

Infatti le fabbriche intelligenti consentono di soddisfare le esigenze del singolo cliente anche nelle produzioni di massa. Con la nuova rivoluzione industriale, i sistemi permettono di modificare piani di produzione in tempo reale e forniscono la flessibilità necessaria a rispondere rapidamente ad interruzioni e guasti.

L'*Industry 4.0* rappresenta, quindi, il punto di svolta che potrà condurre ad una ripresa economica grazie all'aumento di competitività e produttività delle imprese.

L'Europa ha così stanziato 48 Milioni di euro [2] per l'espletamento della causa e successivamente i singoli Paesi, tra cui l'Italia, hanno avviato un percorso finalizzato all'individuazione di misure specifiche in grado di sostenere questo nuovo percorso di sviluppo.

In particolare, il piano predisposto dal Governo italiano si pone come obiettivo quello di favorire gli investimenti privati e di sviluppare competenze appropriate per esplorare le opportunità derivanti dal nuovo paradigma attraverso strumenti pubblici di supporto e la predisposizione delle infrastrutture abilitanti necessarie.

A livello locale i Poli ed i Distretti creati dalla Regione negli ultimi anni, al fine di sostenere in modo sistemico il trasferimento tecnologico e l'innovazione nei vari settori delle produzioni regionali, sono stati alcuni dei principali luoghi in cui rappresentanti dell'accademia e dell'impresa si sono incontrati per discutere di tecnologie *hi-tech* e delineare le strategie di sviluppo più promettenti, nell'ottica di una "Specializzazione Intelligente" delle competenze tecnologiche esistenti. In qualche modo, è in quei luoghi che molti nuovi "strumenti" sono stati riconosciuti, condivisi ed in una certa misura sviluppati [3].

2.2 Piano Nazionale Industria 4.0

Il piano nazionale dell'industria 4.0, attuato in Italia, si concretizza nella Legge di Bilancio (legge n. 232 dell'11 dicembre 2016) entrata in vigore il primo gennaio 2017 per il triennio 2017/2019.

Lo scopo di questo piano è quello di indurre le imprese italiane, di ogni dimensione, a nuove soluzioni affinché possano sopravvivere alla competizione presente nel mercato nazionale e internazionale. La chiave della competitività risiede nell'innovazione che necessita a sua volta di investimenti, ed è proprio qui che il legislatore interviene concedendo particolari ammortamenti per l'acquisto di nuove tecnologie purché rispondano a determinati requisiti.

Per comprendere in che modo le fabbriche sono incentivate a diventare *smart*, è indispensabile chiarire che il piano nazionale dell'industria 4.0 proroga il superammortamento ed introduce l'iperammortamento (c.d. "bonus digitale"), rendendo attrattivo l'investimento a favore di un ingente sgravio fiscale. Una strategia lungimirante che getta le basi per una concreta ed efficace Industria 4.0

Il superammortamento, in particolare, prevede a Bilancio un incremento del 40% del costo d'acquisto di una particolare categoria di beni, in diversi modi: perché il superammortamento sia fruibile, è necessario che i beni siano materiali, strumentali, cioè di lunga durata e utilizzati nel processo produttivo, e nuovi ossia mai utilizzati dal cedente. Rientrano nella categoria i beni sopraindicati purché acquisiti in proprietà o tramite contratto di leasing finanziario, o realizzati in economia, attraverso imprese esecutrici appositamente incaricate, o mediante contratto d'appalto.

L'iperammortamento "al 250 per cento" è la deduzione prevista per gli investimenti in ricerca, sviluppo e innovazione (c.d. bonus digitale o bonus innovazione), che prevede a Bilancio un incremento del 150% del costo d'acquisto degli investimenti nei beni specifici agevolabili di cui all'Allegato A della Legge di Bilancio 2017 come scritto al comma 9 dell'art.1 Legge di Bilancio 2017: *"Al fine di favorire processi di trasformazione tecnologica e digitale secondo il modello «Industria 4.0», per gli investimenti, effettuati nel periodo indicato al comma 8, in beni materiali strumentali nuovi compresi nell'elenco di cui all'allegato A annesso alla presente legge, il costo di acquisizione è maggiorato del 150 per cento"*[4]. Le categorie di beni deducibili fiscalmente al 250% fanno parte delle aree della meccanica, dell'elettronica, dell'informatica, la robotica, *cyber security*, *big data*, network, *3D printing*, mecatronica, nanotecnologie. Inoltre un prerequisito indispensabile per usufruire dei benefici derivanti dalla normativa, è indispensabile che i beni siano interconnessi, ovvero siano in grado sia di ricevere che di inviare dati per ottenere un monitoraggio e aggiornamento continuo. Godono del beneficio dell'iperammortamento, in sintesi, i beni acquistati con lo scopo di digitalizzare l'industria, renderla una *smart factory* ossia sono deducibili gli *"investimenti in beni strumentali il cui funzionamento è controllato da sistemi computerizzati o gestito tramite opportuni sensori e azionamenti, dei sistemi per l'assicurazione della qualità e della sostenibilità,"* i *"dispositivi per l'interazione uomo macchina e per il miglioramento dell'ergonomia e della sicurezza sul posto di lavoro in logica 4.0"* e gli investimenti in beni con capacità *"di scambiare informazioni con sistemi interni e/o esterni per mezzo di un collegamento basato su specifiche documentate, disponibili pubblicamente e internazionalmente riconosciute"* [4].

Va specificato che nel Piano la possibilità di investimento deducibile è stata prorogata a settembre 2018, purché entro dicembre 2017 si sia sostenuta una spesa del 20% dell'ammontare totale.

Il Piano Nazionale Industria 4.0 è concluso ed ha portato una serie di ottimi risultati per l'impresa italiana, per questa ragione molte delle norme all'interno di esso sono state prorogate nel Piano Nazionale Impresa 4.0.

I risultati del Piano Nazionale Industria 4.0 presentati dal ministro Calenda sul sito ufficiale del Ministero dello Sviluppo Economico del Governo Italiano, http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%2040_19_settembre_2017.pdf, inerenti agli sviluppi del piano nel campo del manifatturiero, sono i seguenti [5]:

- Incremento ordinativi di beni strumentali con picchi del **+11,6%** per macchinari e altri apparecchi.
- è cresciuto il numero di imprese che aumenteranno la spesa in Ricerca&Sviluppo
- nei primi 8 mesi dell'anno è cresciuto del 10,7 per cento l'importo garantito dal Fondo di Garanzia
- sono state concesse agevolazioni per circa 1,9 miliardi di euro grazie ai contratti di sviluppo e sono stati creati o salvaguardati oltre 53.000 posti di lavoro.

Per queste ragioni il Governo ha deciso di prorogare le agevolazioni, approvando il Piano Nazionale Impresa 4.0.

2.4 Piano Nazionale Impresa 4.0

La Legge di Bilancio 2018, approvata definitivamente il 23 dicembre 2017 al Senato, include il nuovo piano nazionale che da Industria 4.0 diventa Impresa 4.0. I cambiamenti in merito ad iperammortamento e superammortamento non sono sostanziosi, difatti si tratta per lo più di proroghe.

Per quanto concerne il superammortamento, il beneficio fiscale derivante dall'acquisizione di beni strumentali nuovi ad uso esclusivo (esclusi dal 2018 del tutto gli autoveicoli), è prorogato ma ridotto: il costo di acquisizione di tali beni è maggiorato del 30% piuttosto che del 40% come in precedenza. La proroga è di un altro anno, quindi perché rientri nel piano, l'ordine dovrà essere confermato entro il 31 dicembre 2018 con un acconto pari ad almeno il 20% del totale, mentre per il completamento di installazione e/o consegna del prodotto, la riduzione fiscale ha valenza fino al 30 giugno 2018.

Anche l'iperammortamento viene confermato e prorogato per un anno intero: sarà ancora possibile maggiorare il costo del 150% degli investimenti in beni strumentali innovativi. I beneficiari di questa misura saranno attori economici e sociali titolari di reddito d'impresa e non, che acquisteranno tali beni elencati negli allegati A e B. Un'importante novità sta nei software aggiunti all'allegato B per il piano nazionale 2018 [4], che potranno fruire

dell'agevolazione fiscale purché acquisiti insieme ad uno dei beni materiali inclusi nella disciplina dell'iperammortamento: il *drop shipping* che consiste in un sistema di agevolazione delle vendite in quanto funge da venditore senza che il prodotto sia presente e, nel momento dell'acquisto da parte del cliente, inoltra la richiesta al produttore e provvede ad inviarlo al cliente; la *realtà immersiva* ossia la realtà aumentata, le ricostruzioni 3D, l'interattività dei sistemi, finalizzata a mostrare al cliente il funzionamento di un prodotto tramite apposita strumentazione (come occhiali appositi) perché era già incluso l'utilizzo di queste tecnologie nella Legge di Bilancio 2018, ma per uso esclusivo nel processo produttivo, non per dimostrazioni a terzi; i dispositivi *on-field* in logistica, cioè, utili alla gestione di logistiche interne ed esterne, con particolare attenzione all'integrazione dei dispositivi mobili sul campo [6].

2.5 Tecnologie coinvolte

La quarta rivoluzione industriale genera la fabbrica intelligente (c.d. *smart factory*) che dispone di prodotti e servizi intelligenti incorporati nell'IoT (*Internet of Things*) e Internet di servizi.

Le imprese hanno così iniziato ad investire in tecnologie incentrate su utilizzo dei dati, potenza di calcolo e connettività, ossia *Internet of Things*, *big data*, *open data*, *machine-to-machine*, *Cloud computing*, con lo scopo di centralizzare e conservare i dati, su *analytics* ossia l'analisi dei dati raccolti per trasformarli in informazioni e ricavarne valore, su interazione tra uomo e macchina, sfruttando interfacce sempre più *user-friendly* con lo scopo di consentire anche a chi non ha dimestichezza con la tecnologia odierna di comunicare e/o leggere informazioni indispensabili, sul passaggio dal digitale al reale che comprende la stampa 3d e l'*additive manufacturing*.

Internet Of Things

L'IoT ormai sempre presente quando si parla di innovazione, racchiude l'idea che qualsiasi oggetto può diventare connesso e comunicante, attraverso l'identificazione univoca, la tecnologia wireless e un nuovo tipo di intelligenza software.

Il Web è la piattaforma che funge da abilitatore, permettendo lo scambio dei dati e, dunque, delle informazioni tra un oggetto *smart* e un sistema di gestione *smart*.

In realtà, il concetto fondamentale della *Internet of Things* non è legato all'intelligenza delle cose quanto, piuttosto, all'intelligenza dei servizi, associati al potenziale di Internet e a un modello di sviluppo grazie al quale è possibile integrare, praticamente a qualsiasi oggetto, una piccola componente tecnologica dotata di una capacità elaborativa tale da trasformarlo in un dispositivo comunicante senza usare cavi. È così che esso diventa *smart*, sfruttando l'innovazione digitale associata all'evoluzione mobile, al cloud, ma anche a nuove logiche collaborative che inaugurano un CRM, *Customer Relationship Management*, di nuova generazione a livello di tutta la filiera.

In generale, le aziende che scelgono di reingegnerizzare i loro processi investendo nella IoT integrano una tracciabilità e una rintracciabilità a prova di errore, azzerando ridondanze e

riducendo i costi di esercizio, il tutto garantendo ai clienti massima trasparenza informativa e maggiore velocità nell'accesso a un bene (che sia un'informazione, un prodotto o un servizio), migliorando l'efficienza e l'efficacia delle procedure, secondo un principio di integrazione, scalabilità e flessibilità nel breve, nel medio e nel lungo termine che, altrimenti, sarebbero davvero impossibili.

Big Data & Cloud Computing

I Big Data sono sistemi di supporto alle decisioni e rappresentano l'insieme di metodologie atte ad analizzare e confrontare dati eterogenei, per esaminare lo stato dell'azienda ed intuire future eventualità, così da prendere decisioni rapide e contemplate. È possibile analizzare e prevedere l'evoluzione della domanda, individuare aree critiche per supportare le decisioni aziendali. L'obiettivo è quindi la trasformazione dei dati aziendali in informazioni fruibili a diversi livelli di dettaglio per applicazioni di analisi.

Il cloud computing è una tecnologia che permette di elaborare, archiviare e memorizzare dati grazie all'utilizzo di server, risorse di archiviazione, database, rete e software tramite internet [7].

Sistemi Di Produzione Automatizzati e Autonomi

I sistemi di produzione nell'era del digitale consistono in processi automatici eseguiti da programmi con determinate istruzioni durante ogni ciclo di lavoro. Per eseguire programmi di ciclo di lavoro, un sistema automatico dovrebbe essere in grado di eseguire queste funzioni avanzate.

Monitoraggio della sicurezza

Se ci sono lavoratori su una linea di produzione automatica il monitoraggio della sicurezza è richiesto per la salute e la sicurezza dei lavoratori. Tra i vari step che concorrono alla realizzazione del piano vi sono la fermata totale del sistema, allarmi sonori, o riduzione della velocità. Possono essere utilizzati sensori che rilevano cambiamenti di temperatura, fumo o pressione.

Diagnostica di manutenzione e riparazione

Ci sono tre modi di operare in un ciclo di diagnostica di manutenzione e riparazione: monitoraggio dello stato, diagnostica del fallimento e raccomandazione di procedura di riparazione. Nello stato di monitoraggio, lo stato del sistema può essere visualizzato in tempo reale, mentre la diagnostica si ottiene solo nel momento in cui il sistema fallisce. Il sistema quindi suggerirà un'adeguata procedura di riparazione assegnata ad un team di esperti.

Individuazione e risoluzione di un errore

La modalità di individuazione dell'errore ha lo scopo di determinare se e quando si verifica un problema in un sistema automatizzato. Gli errori che possono verificarsi, sono suddivisibili in tre categorie, ossia: errori casuali, errori sistematici e deviazioni [8].

Additive Manufacturing/3D Printing

L'*additive manufacturing* è identificato nell'insieme di tecnologie in grado di trasformare dati di modelli di solidi virtuali in modelli fisici. L'utilizzo di questa tecnologia risulta molto semplice, in quanto è necessario inserire le misure di un pezzo per stamparlo; d'altro canto, all'aumentare della precisione richiesta, aumentano costi e/o tempi quindi ad oggi non è una soluzione efficiente in grado quindi di subentrare al classico processo produttivo, per quanto risulti efficace, resta utile invece nella prototipazione, ed in alcuni tipo di produzione in cui la personalizzazione è un fattore imprescindibile (ad esempio in campo medico, le protesi) [9].

2.6 Industry 4.0 in Fabbrica

Cosa significa?

L'industria 4.0 rende le fabbriche competitive, in grado di soddisfare una domanda sempre più esigente, attenta al difetto e sempre più interessata alla ricerca di un responsabile dello stesso laddove riscontrato.

Per entrare nel merito della questione è importante comprendere il significato dell'industria 4.0 in fabbrica, quali aree coinvolge e in che modo.

Il gestire dati integrati in un unico database permette dunque di non fare una registrazione passiva dell'informazione, ma di fare del dato un'informazione utile per scatenare eventi ad esso correlati.

La fabbrica lascia entrare la quarta rivoluzione industriale attraverso il MES: *Manufacturing Execution System*. Il MES è il sistema informatico indispensabile per interconnettere tra loro differenti sistemi informatici, ogni tipo di macchina con operatori di linea, fino a risalire la catena gerarchica dell'azienda. Questo sistema innovativo e in continua evoluzione, è già in grado di eseguire diversi compiti sostituendo alla perfezione il ruolo del cartaceo circolante in fabbrica e lo fa per mezzo di software specifici avvalendosi di svariate tecnologie hardware. Utilizza ed integra dati di produzione, materiali, qualità, processo e manutenzione in un'unica piattaforma che invia dati agli impianti e riceve dati da essi in *real time*. È per questo che il MES da sempre è considerato l'anello che congiunge il mondo decisionale (ERP, c.d. *Enterprise Resource Planning*) e il mondo esecutivo (la fabbrica) [10].

Quali aree funzionali coinvolge?

Le aree funzionali di un'azienda variano a seconda della stessa, ma se ne possono identificare alcune in comune a tutte o quasi. Le aree in questione sono operative, ossia contribuiscono direttamente alla creazione del prodotto o servizio fornito e si distinguono in: produzione, manutenzione, logistica (interna ed esterna), acquisti, vendite e servizi post-vendita. Il MES, oltre a toccare questi ambiti, svolge delle operazioni trasversali che forniscono informazioni accessorie che non contribuiscono direttamente alla creazione dell'output. Infatti, lo scopo dell'introduzione del digitale nella fabbrica non consiste esclusivamente nell'integrazione dell'ICT nelle aree funzionali già esistenti, ma anche nel rendere possibile l'interazione delle

funzioni aziendali, in modo da poter analizzare, oltre che raccogliere, dati per estrapolarne il significato.

Cosa comporta?

I benefici dovuti all'installazione del MES nascono con l'automatizzazione del processo produttivo ossia di macchine, sensori e attrezzature varie, collegati tra loro e quindi alla rete. Fornire agli operatori di linea un dispositivo, connesso anch'esso al MES, nel quale inserire dei dati, elimina dalla fabbrica l'utilizzo di carta e penna laddove vi sia carenza di rilevazioni automatica direttamente dai macchinari. Tutte le informazioni necessarie possono essere fornite da dispositivi digitali presenti sul campo purché siano comprensibili a chi lavora sulle risorse del ciclo produttivo.

Lo scopo del MES sta nell'inserire e ricevere dati e informazioni esclusivamente tramite dispositivi elettronici, eliminando completamente il passaggio di informazioni dalla carta che potrebbe condurre ad errori, mancanze, oltre che l'inevitabile ritardo nella lettura e nell'elaborazione dei dati acquisiti o inviati. Inoltre, affinché la fabbrica diventi effettivamente intelligente, il MES tenderà a sostituire sempre più l'intervento umano, evitando, agli operatori di linea, l'attuazione di manovre ripetitive che comportino un limitato valore aggiunto, facilmente sostituibili da robot. Questo richiede una particolare attenzione nella programmazione, affinché lo scenario delle prospettive si talmente ampio da coprire il più ampio numero di casistiche di malfunzionamento, oltretutto prevedendone, dove possibile, l'eventualità con l'esperienza (c.d. *machine learning*), così da lasciare che nessun guasto o difetto possa sfuggire al MES.

A seguito della ricezione di una commessa, il MES può gestirla dall'ingresso delle materie prime alla spedizione del prodotto finito. Nell'arco del processo produttivo, nota la limitatezza della materia prima, la capacità delle risorse produttive e delle risorse umane, il MES potrà schedare le attività e calcolarne o rispettarne le tempistiche, tracciando ogni fase di lavorazione e di trasporto. Esso riceverà dati direttamente dalle macchine e potrà segnalare guasti, richiedendone la causale, o necessità di manutenzione predittiva. Potrà inoltre con l'ausilio di dispositivi hardware effettuare controlli qualità a tappeto con informazioni in *real-time*, o limitarsi a pianificare il controllo qualità umano. Il magazzino sarà monitorato evitando che ci sia un blocco di produzione per mancanza di materiale (c.d. *stock-out*) o per evitare ritardi o eccessivi anticipi nelle spedizioni. È inoltre possibile svolgere delle analisi sui dati raccolti "pivotando" grafici e diagrammi sui parametri di interesse, o determinanti nell'analisi.

Tutto questo comporta quindi flessibilità, automatizzazione dei processi, esclusione della carta, aumento della produttività, efficacia ed efficienza.

Possono essere suddivisi per aree funzionali operative per una più semplice comprensione.

Produzione

- Possibilità di rilevare, visualizzare e modificare in tempo reale i parametri di produzione;
- Possibilità di ottimizzare la produzione in base a criteri diversi;
- Efficientamento del consumo energetico;

- Controllo automatico dell'utilizzo dei DPI (c.d. Dispositivi di Protezione Individuale).

Manutenzione

- Passaggio da una manutenzione preventiva ad una manutenzione predittiva;
- Aumento della sicurezza degli operatori;
- Riduzione dei tempi e costi di formazione degli operatori;
- Riduzione dei tempi di fermo macchina.

Logistica Interna

- Movimentazione automatica delle merci e loro tracking in azienda;
- Efficientamento del processo di gestione delle merci in ingresso;
- Gestione automatizzata dei magazzini.

Logistica Esterna

- Automazione del carico/scarico di magazzino nel sistema gestionale;
- Automatizzazione dello *scheduling* dell'*unloading*;
- Aumento del coordinamento trasportatore/magazzino interno;
- Modellazione dei comportamenti dei diversi attori lungo la *supply chain*.

Acquisti

- Possibilità di riordinare in modo automatizzato le merci in esaurimento;
- Possibilità di avere transazioni condizionate allo stato della merce;
- Certificazione automatica delle transazioni.

Vendite

- Acquisizione di dati di acquisto o di interazione direttamente dallo scaffale del negozio;
- Acquisizione di dati di vendita reali ed in tempo reale;
- Automatizzazione della fatturazione.

Servizi post-vendita

- Acquisizione di dati di utilizzo del prodotto;
- Diminuzione dei costi di assistenza e marketing;
- Generazione di nuovi servizi post-vendita anche da remoto;
- Aumento della possibilità di personalizzazione dei servizi ed update del prodotto [11].

Come si integra il MES?

Come evidenziato precedentemente il sistema MES si avvale di tecnologie Software e Hardware che è bene individuare per un quadro completo. Ciò che ciascuna impresa dovrà integrare sarà personale, macchine, magazzini, trasporti in un unico organismo. Tutto questo potrà essere sviluppato in modi e tempi diversi a seconda del livello attuale delle singole imprese, a prescindere dal settore in cui operano e dalla loro dimensione.

Le grandi aziende, in virtù delle loro risorse e della loro capacità di innovazione, hanno già digitalizzato i loro processi nel tentativo di automatizzarli. L'investimento nell'ICT e nell'integrazione con l'intera *supply chain* è infatti un passo che è già stato valutato ed intrapreso dai grandi *player* e da una parte della loro catena di subfornitori. Tali investimenti sono legati alla necessità di avere un sistema che gestisca l'enorme mole di dati che devono essere elaborati e

comunicati alle funzioni aziendali coinvolte nel processo: dalla pianificazione degli acquisti alla fatturazione, dalla produzione alla logistica interna ed esterna.

Peraltro i dati estratti dai processi aziendali (dalle macchine, dai magazzini, dagli ordini) devono essere tradotti più volte per poter parlare con i diversi software presenti in azienda e poter così fluire senza ostacoli nel flusso. Sarebbe altrimenti impensabile riuscire a portare a termine una consegna senza un sistema altamente tecnologico che segua rigorosamente il processo e permetta una tracciatura delle attività svolte, delle movimentazioni dei prodotti, e che consenta una corretta allocazione dei costi. Sfortunatamente i sistemi di cui sopra sono grandi, rigidi e volti all'ottimizzazione di strutture aziendali di grande dimensione e spesso su stabilimenti diversi.

Grazie alle tecnologie odierne, e con un po' di lavoro sartoriale e di adattamento, è possibile far convivere la flessibilità di una piccola-media impresa con un sistema ICT tecnologicamente avanzato che permette di sfruttare le informazioni elaborate a partire dai dati rilevati durante il processo e di ottimizzare il processo stesso, come finora è stato fatto solo dalle grandi aziende.

Tutte le imprese infatti sono diverse tra loro, trattano materiali diversi, hanno cicli produttivi diversi, hanno planimetrie diverse, sono formate da persone con *background* diversi. Inoltre la scelta di come declinare la nuova filosofia del 4.0 dipende dalle strategie aziendali e dalla visione del management.

In un contesto sempre più globale e competitivo tutte le aziende si trovano ad affrontare sfide che vanno dalla necessità di rendere più efficienti i processi al desiderio di creare nuove posizioni di vantaggio competitivo: per questo le nuove tecnologie non possono essere messe in secondo piano.

La vasta gamma di soluzioni tecnologiche disponibili costringe le aziende a confrontarsi con nuovi approcci spesso lontani da quelli a cui sono abituate, ma allo stesso tempo nessuna azienda si può esimere dal valutare gli investimenti da fare nel campo dell'Industria 4.0.

Per agevolare nella comprensione è utile analizzare singolarmente le tecnologie per aree funzionali.

Produzione

In produzione l'obiettivo del MES consiste nell'avere la possibilità di apportare modifiche al piano produttivo (flessibilità in tempo reale), modificando esclusivamente il programma software piuttosto che intervenire direttamente sulla linea di produzione/assemblaggio, ossia l'hardware. Ciò è reso possibile grazie all'implementazione del software adeguato e all'utilizzo di alcune componenti hardware elencate di seguito.

SCHEDE ELETTRONICHE.

Le schede elettroniche possono essere di diversa natura in particolare: PLC, microcontrollori e microprocessori.

- PLC: Controllori di Logica Programmabile. Il PLC (*Programmable Logic Controller*) è un'unità di controllo, ossia un controllore, specializzato nella

gestione e nel controllo dei processi industriali. È fondamentale allo scopo la sua robustezza e resistenza ad alte temperature, pressioni e livelli di umidità (essendo generalmente posto in quadri elettrici), la dimensione ridotta, la facile manutenzione, la flessibilità e la possibilità di essere riprogrammato, per gli ambienti in cui opera. È possibile scomporlo in blocchi per visualizzarlo in maniera chiara [12].

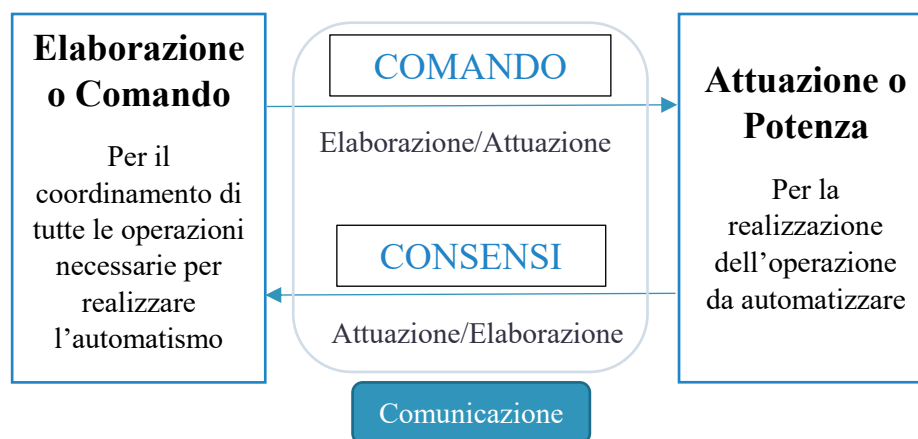


Figura 1. Struttura PLC

In *Figura 1* sono state scomposte le funzioni svolte dal PLC: il blocco di elaborazione o comando coordina le operazioni necessarie all'automatismo essendo in costante comunicazione con il blocco di attuazione o potenza che le implementa.

Il PLC è composto di tre parti principali:

- La CPU (*Central Processor Unit*) che ha la funzione di controllare, comandare e gestire; Essa è componibile di schede scelte opportunamente sulla base delle necessità dipendenti dal processo da automatizzare.
- I moduli di ingresso e di uscita (I/O) che sono dispositivi atti alla gestione di input e output che consistono in segnali analogici, digitali e/o di potenza che permettono al PLC di comunicare con il resto dell'automatismo, gli ingressi ricevono i segnali dai sensori dell'impianto e li rendono disponibili per la CPU, mentre i moduli di uscita agiscono sui segnali emessi dalla CPU per inviarli al gruppo di potenza dell'automatismo.
- Le unità di programmazione che fungono da interfaccia per l'inserimento del programma nella memoria del PLC, esse infatti permettono la compilazione, la scrittura, la lettura e l'eventuale modifica del programma.

I PLC si programmano con il linguaggio Ladder, essendo quest'ultimo di semplice comprensione per un personale con prevalente cultura elettromeccanica. Infatti esso ha uno stile grafico e richiede un background di conoscenze di circuiti elettrici e logiche di funzionamento del macchinario.

- Microcontrollori. Il microcontrollore o MCU (*MicroController Unit*) è un dispositivo elettronico integrato su singolo chip, utilizzato generalmente in sistemi *embedded*, ovvero per applicazioni specifiche (*special purpose*) relativamente al controllo digitale. Il punto di forza del microcontrollore sta nella specializzazione dello stesso per rivolgere la massima efficienza ad un'unica applicazione ottimizzando il rapporto costo/prestazioni. Un esempio ne è l'Arduino, microcontrollore programmabile in linguaggio Python, collegabile a svariati sensori, con una capacità di calcolo limitata tanto quanto limitato ne è il costo.

Un microcontrollore si compone di:

- CPU (*Central Processor Unit*) che controlla, comanda e gestisce il sistema;
 - Clock ossia un segnale digitale eseguito ogni millisecondo che invia un impulso alla circuiteria interna che conseguentemente esegue un'istruzione a seconda del codice compilato;
 - Periferiche digitali e analogiche che consentono la lettura di segnali in ingresso e la generazione di segnali in uscita.
- Microprocessori. Il microprocessore è una tipologia particolare di processore elettronico che si contraddistingue per essere interamente costituita da uno o più circuiti integrati e per questo di dimensioni molto ridotte. Un esempio di microprocessore molto utilizzato attualmente, è il RaspberryPi che può essere definito un mini-computer.

Il microprocessore è in grado di effettuare operazioni decisionali, di calcolo e di elaborazione dell'informazione. Attualmente è l'implementazione più comune della CPU e della GPU (*Graphics Processing Unit*), utilizzato dalla quasi totalità dei moderni computer, con la caratteristica di utilizzare, per tutte le sue elaborazioni, un insieme di istruzioni fondamentali di base (*instruction set*).

Le schede di controllo sono diventate ormai un elemento indispensabile per l'automazione industriale, e, data la diffusione sempre maggiore di microcontrollori e microprocessori, il numero di schede tra cui scegliere per realizzare una certa applicazione è molto ampio, il che permette di poter scegliere sempre la scheda più opportuna in base al suo campo di applicazione e alle specifiche richieste dal caso particolare (oltre a quelle obbligatorie per legge).

CONSOLLE A MISURA DI OPERATORE

L'intervento umano non viene eliminato con la quarta rivoluzione industriale, bensì integrato e, affinché ciò sia possibile, è necessario che l'operatore di linea sia in grado di comunicare con il MES.

L'*Industry 4.0* ha come obiettivo anche lo sviluppo di sistemi avanzati capaci di semplificare l'attività lavorativa dell'operatore di linea con interfacce SMART e *user-friendly*. Risulta quindi essenziale che il sistema si adatti alle capacità della persona con cui interagisce, per mezzo di sensori intelligenti, lettori di TAG R-FID (*Radio Frequency IDentification*) o di codici a barre, tecnologia NFC (*Near Field*

Communication), pulsantiere intelligenti (connesse direttamente con il MES), smartwatch, tablet e smartphone.

L'RFID è una tecnologia che si avvale di un'etichetta chiamata TAG (o *transponder*) che memorizza dei dati e li comunica quando richiesto al *reader* che oltre a chiedere, può anche inviare esso stesso informazioni al TAG aggiornandone i dati. L'NFC è una tecnologia che tramite radiofrequenza (un'onda elettromagnetica ad alta frequenza che si propaga nello spazio), fornisce una connettività wireless bidirezionale a corto raggio. Ciò significa che se due dispositivi dotati di tale tecnologia, sono posti ad una distanza ridotta l'uno dall'altro (pochi cm), si crea una rete *peer-to-peer* (c.d. rete paritaria) ed entrambi possono sia inviare che ricevere informazioni.

Questi strumenti consentono l'assegnazione delle responsabilità, l'assegnazione dei ruoli e la limitazione nello svolgimento di determinate attività, solo a chi di competenza e, pertanto, certificato e registrato nel sistema, proibendo, quindi, l'uso improprio di macchinari da parte di personale non autorizzato. L'installazione di lettori TAG RFID in punti chiave della fabbrica consente un monitoraggio in tempo reale che ritrova la sua utilità per il datore di lavoro anche come garanzia che i lavoratori stiano utilizzando tutti i DPI (Dispositivi di Protezione Individuale), esonerando costui da ogni responsabilità in merito alla questione, oltre che ridurre notevolmente il numero di infortuni sul lavoro.

Inoltre, con la capacità di memorizzare i dati, queste tecnologie rendono possibile la tracciabilità di ogni prodotto lungo la fase di produzione e assemblaggio, in modo da essere sempre a conoscenza delle lavorazioni che il semilavorato ha subito e di eventuali problemi riscontrati durante il processo produttivo.

Tutto ciò consente un alleggerimento del lavoro dell'operatore di linea che potrebbe limitarsi a "bippare", piuttosto che scrivere su carta, dimenticando dettagli da inserire, o commettendo un errore nella trascrizione di un codice, interamente guidato dal sistema nel turno e nelle funzioni da eseguire. Egli sarà maggiormente monitorato in quanto sottoposto ad attività di log-in e log-out, e tutto ciò non potrà che portare ad un miglioramento della produttività.

HARDWARE PER IL CONTROLLO QUALITÀ

Varie strumentazioni possono essere incluse nel processo produttivo con lo scopo di controllare la commessa a tappeto in momenti critici del ciclo produttivo o a valle del processo; le principali sono:

- 3D scanner, ossia dispositivi in grado di analizzare un componente attraverso la misurazione ottica 3D. I sistemi di scansione possono basarsi su tunnel o robot manipolatori. L'utilizzo del sistema di scansione 3D a tunnel è più rapido e quindi conveniente per grosse produzioni, perché dal nastro il pezzo viene portato all'interno del tunnel nel quale sono presenti diverse stazioni di controllo posizionate strategicamente per un controllo completo del pezzo, che torna sul nastro con massima velocità. Più preciso e flessibile è l'utilizzo del robot manipolatore, che consiste nella possibilità di muovere il sistema di visione durante il controllo. Questo però comporta tempistiche più lunghe.
- Visione artificiale (c.d. *computer vision*), ossia tecnologia utile a sostituire gli occhi dell'operatore di linea in quanto dotata di componenti ottiche integrate con componenti elettroniche e meccaniche. Attraverso l'utilizzo di

tale strumentazione automaticamente il prodotto sarà controllato, classificato, selezionato; tutto ciò che è nel campo del visibile sarà un dato catturabile da questa innovativa tecnologia e sarà quindi tramutabile in informazione utile. Potrebbe essere impostata in modo da rilevare particolari parametri del prodotto, certificare misure effettuate per soddisfare al meglio i requisiti definiti da un potenziale cliente.

Manutenzione

La manutenzione è una fase molto importante del ciclo produttivo del prodotto, in quanto i costi ad essa associati possono essere ingenti. La rivoluzione industriale tocca anche questo tasto con lo scopo di intervenire nell'istante perfetto: quello subito precedente alla rottura.

L'azienda che non lascia entrare la quarta rivoluzione industriale, è costretta a scegliere tra manutenzione preventiva, cioè sostituire, nota una stima del momento della possibile rottura, ricavata dalla scheda tecnica a seguito di un certo numero di prove meccaniche e non, quando il pezzo è ancora buono e sarebbe potuto essere buono per un altro intervallo di tempo non noto e manutenzione correttiva che da un lato sfrutta a pieno il pezzo fino alla rottura, dall'altro interviene solo a seguito di un guasto e ciò implica che il danno sia già avvenuto e che la produzione ne abbia già subito le conseguenze. I fermi macchina richiedono tecnici e/o ricambi e quindi potrebbe essere necessario un intervento esterno sia di personale specializzato che di pezzi. Ciò ha un impatto diretto sul magazzino e sulla sua gestione, in cui, in mancanza di alternative, viene aggiunta una quantità di ricambi della macchina a stock e con essa crescono i costi di immagazzinaggio. La priorità, in casi di emergenza, è ripristinare il funzionamento del sistema nel minor tempo possibile. Un intervento che segue, piuttosto che anticipare, un guasto potrebbe quindi creare non pochi disagi.

Con il sistema MES, invece, entra in gioco la manutenzione predittiva: grazie all'inserimento di sensori, che misurano svariati parametri, nei macchinari, si è in grado di raccogliere grandi quantità di dati sul loro stato. Incrociando questi dati con lo storico dell'azienda e ripulendoli da *outlier* (fuoricontrollo isolati) ed errori statistici (errori casuali non imputabili) con un'accurata analisi da parte del software, sarà possibile predire con una buona stima, il momento perfetto per intervenire con la sostituzione. Si saprà se la macchina si sta usurando, grazie a degli intervalli di confidenza di ampiezza minore della massima tolleranza della macchina, e, per mezzo di un segnale, si richiamerà l'attenzione dell'operatore per l'intervento. Si tratta di un'accurata analisi dei dati a disposizione, trasformati in informazioni, resa possibile dalla connessione tra la macchina e il MES.

Il sistema, con i dati raccolti potrà inoltre individuare e gestire l'assegnazione delle risorse alle attività, individuando possibili carenze colmandole, schedando una formazione mirata sul personale.

L'aiuto nella manutenzione arriva da tablet e smartphone che possono mostrare all'operatore di linea, sfruttando la realtà aumentata, l'esecuzione dell'intervento. Possono inoltre mostrare l'andamento dei parametri che possono essere allarmanti ed in tal modo consentire l'intervento di chi di competenza. Importante per richiamare l'attenzione è una lampada a bordo macchina connessa col sistema, lampeggiante nel caso di anomalie preimpostate, velocizzando l'intervento manutentivo. Tra gli

hardware a sostegno della rivoluzione industriale vi sono microfoni in grado di rilevare anomalie nel suono prodotto dalla macchina ed aiutare l'addetto nel rilevamento di variazioni allarmanti. L'utilizzo di sensori, per monitorare i parametri delle macchine, connessi a microcontrollori e microprocessori può fornire un aiuto, sul campo, automatico e quindi senza la necessità dell'intervento dell'operatore, laddove il programma abbia previsto l'anomalia e riconosca una soluzione adeguata al problema riscontrato, o è possibile, per parametri che mostrino andamenti allarmanti, non sottovalutabili, richiamare l'attenzione dell'operatore piuttosto che agire prescindendo l'intervento umano.

Una importante questione resta la sicurezza sul lavoro, in particolare nell'attività di manutenzione, per la quale un operatore, intervenuto per la risoluzione del problema, potrebbe disattivare alcuni protocolli di sicurezza, normalmente attivi, per entrare nel sistema ed effettuare la riparazione. Ciò comporta gravi rischi ed è infatti causa di molti incidenti sul lavoro. A tale scopo, con l'*Industry 4.0*, entrano in fabbrica nuovi robot antropomorfi in grado di sostituirsi all'uomo, controllabili da remoto, per la manutenzione delle macchine in quanto attività rischiosa.

Logistica Interna e Acquisti

Nella logistica interna ci sono diversi aspetti fondamentali che grazie ad hardware e software innovativi possono essere migliorati. Si tratta *lean logistic*, basata sulla riduzione di sovrapproduzione, trasporti, attese, scorte e costi grazie a tracciabilità, efficienza, coordinazione e velocità. Queste caratteristiche non viaggiano separate e, per raggiungere lo scopo, è importante che ogni scatola, materiale o lotto abbia un posto assegnato, una data in cui è stato posizionato e una quantità nota. È fondamentale che ogni spazio occupato in magazzino sia conosciuto e, quindi, identificabile, da un cartellino kanban, adatto per il controllo del flusso del materiale nello stabilimento, grazie alle informazioni da valle del processo su quanto di quel materiale è necessario al cliente o alla successiva lavorazione, o da un tag RFID o da codici a barre (che tramite un lettore forniscono informazioni sul prodotto come lavorazioni subite e lotto di provenienza), o da QR code, una versione innovativa del codice a barre che in tal caso si sviluppa in due dimensioni. Queste etichette possono essere disposte su pareti o cestelli in magazzino per fornire i dati necessari alla gestione della logistica interna in tempo reale, limitando così scostamenti tra pianificazione e avanzamento reale. I dati vengono trasmessi poi al MES che li converte in informazioni utili per il manager che potrà visionarli da pc o tablet appositi, ed analizzarli per mezzo di grafici, intervenendo dove necessario e monitorando costantemente l'avanzamento. Per completare l'automatizzazione della logistica è necessario un sistema di movimentazione delle merci che non richieda l'intervento umano. La nuova tecnologia, che si adopera per questo scopo, è nota come AGV, acronimo di *Automatic Guided Vehicle*; si tratta di veicoli che sono in grado di muoversi autonomamente all'interno della fabbrica, attraverso diversi sistemi di guida. Essi possono muoversi grazie a percorsi tracciati di diversa tipologia:

- Guida a filo. Consta di un filo percorso da un segnale elettrico con una determinata frequenza, interrato nel pavimento, che determina la traiettoria che il carrello dovrà seguire.

Esso infatti è dotato di una coppia di conduttori che rileva la posizione del filo e garantisce il movimento nella giusta direzione. È un buon sostituto dei sistemi

ottici negli ambienti sporchi, ma è anche oneroso modificarne il percorso in quanto richiede la rottura del pavimento.

- **Magneti.** Il sistema è costituito da calamite, inserite nella pavimentazione, o nastri magnetici che delimitano il percorso, indirizzando il carrello tramite combinazioni di polarità dei magneti. Modificare il percorso risulta più agevole del caso precedente, perché i magneti possono essere inseriti in una serie di fori, quindi basterà perforare in determinati punti il pavimento per raggiungere il risultato voluto.
- **Banda colorata.** Prevede che sul carrello sia installato un sistema ottico che rileva la posizione di una banda colorata dipinta o costituita da adesivi. Il carrello segue agevolmente il percorso designato purché questo sia visibile. Infatti questa tipologia di AGV è preferibile in ambienti puliti, richiede molta manutenzione, ma non necessita di elevati costi per cambiare il percorso.
- **Guida odometrica.** Dispone di un certo numero di catarifrangenti, che non ingombrano il percorso, ma sono collocati su paletti od oggetti che lo costeggiano. Una testa laser posta sull'AGV calcola la propria posizione e i movimenti da eseguire, rilevando almeno tre catarifrangenti e misurandone le distanze in un sistema di riferimento di cui la testa conosce lo zero assoluto. Le variazioni di percorso non richiedono costi aggiuntivi in quanto i dispositivi non sono vincolati al pavimento, ed è utilizzabile anche in ambienti non puliti, non usufruendo di guida ottica.
- **Triangolazione con laser.** Il carrello è dotato di una testa che emette laser per la rilevazione di catarifrangenti. La testa scannerizza l'ambiente circostante ed ha la possibilità di ruotare a 360°. Tramite l'individuazione di almeno tre laser disposti su paletti o pareti lungo il percorso, *rileva* la propria posizione e calcola il percorso. Un eventuale cambiamento nel percorso da compiere, ha come unico costo alcuni cambiamenti nel software, mentre per quanto riguarda l'hardware, i catarifrangenti sono svincolati e possono essere spostati a seconda dell'esigenza.
- **GPS.** Questa tecnologia è utile qualora l'AGV debba muoversi all'esterno; la sua posizione viene rilevata e monitorata adottando la tecnica differenziale con una base di riferimento, grazie alla quale riconosce il percorso da seguire. All'interno viene utilizzato un GPS *indoor* che prevede l'utilizzo di antenne in grado di comunicare con oggetti dotati di tecnologia *Bluetooth*.

È possibile fare delle combinazioni, laddove l'ambiente lo richiede o lo consente, come ad esempio la guida mista odometrica ed ottica, utile laddove vi siano dei tratti in cui è impossibile collocare catarifrangenti. Per quanto riguarda la presenza di ostacoli sul percorso è possibile, per mezzo di un'efficace programmazione, superare questa ed altre difficoltà; è necessario che vi sia un'intelligenza a bordo. Così si generano intere squadre di robot che dialogano tra loro e con esseri umani, in grado di alleggerire gli operatori di quegli incarichi monotoni e ripetitivi.

L'intelligenza in dotazione dei robot può essere localizzata in diversi modi:

- **Distribuito,** nel caso in cui il robot è isolato ed in grado di prendere decisioni per ogni situazione che gli si presenta (impossibile coprire tutte le possibilità, sarà

lasciato comunque un comando da svolgere "in tutti gli altri casi"), utile nel caso di molti robot che lavorano contemporaneamente, perché connettersi ad un computer centrale potrebbe causare interferenze e interruzioni;

- Centralizzato ossia ogni robot per prendere decisioni a seguito di determinate condizioni, "domanda" al *decision maker* centrale, che comanda e può essere gestito da un umano in un numero limitato di opzioni;
- Intermedio, che è la soluzione più indicata, ossia il caso in cui il robot è dotato di un'intelligenza, quindi è in grado di analizzare la situazione, elaborarla ed agire di conseguenza nei casi riscontrati più di frequente e, in tutte le altre situazioni troppo complesse per essere elaborate, la risoluzione del problema è imputata ad un computer remoto con una potenza computazionale maggiore.

Guardando ad un futuro non troppo lontano, un drone arrecherebbe non pochi vantaggi in fabbrica. Il drone è un velivolo che si distingue per l'assenza del pilota a bordo. Si tratta di un aeromobile a pilotaggio remoto; il suo volo è controllato da un computer a bordo del veicolo, preimpostato o controllato a distanza da un pilota o un navigatore. Con l'inserimento dei droni nella logistica interna, potendo effettuare spostamenti sfruttando la terza dimensione, si potrebbero riorganizzare gli spazi in una maniera molto più efficiente nelle industrie già esistenti, si potrebbero aprire nuovi impianti compatti e faciliterebbe la definizione di un layout di una nuova fabbrica.

Dunque, perché la logistica interna sia 4.0 occorrono tecnologie innovative, ma soprattutto che siano interconnesse, affinché i dati, provenienti dalle diverse stazioni di produzione, possano arrecare valore aggiunto, fornendo in tempo reale informazioni su tutte le funzioni della fabbrica.

Logistica Esterna e Vendite

Oggigiorno ciò che accade al di fuori delle pareti della fabbrica non può essere trascurato. La ricerca del problema all'origine è fondamentale per porvi rimedio e nessuno può esimersi dalla ricerca della massima efficienza, pertanto, ricopre un ruolo importante, la gestione della logistica esterna.

Anche prima della quarta rivoluzione industriale, la gestione della logistica esterna faceva affidamento ai dati raccolti durante il ciclo produttivo di un prodotto, o indagini di mercato per riprogettazioni di prodotti, o algoritmi in grado di stimare la possibilità di domanda futura di un determinato prodotto, o possibilità di un riordino. Tutte queste previsioni conseguenti alla raccolta ed elaborazione dei dati oggi sono automatizzate per mezzo del MES grazie alla tecnologia in grado di tracciare il pezzo dalle origini con l'utilizzo di lettori *barcode* o R-FID, l'utilizzo di *Big Data* e *Data Mining*, insieme ad algoritmi più performanti con alta capacità computazionale, che rendono la tracciabilità possibile ed automatizzata. Inoltre, contribuiscono alla digitalizzazione della logistica esterna, i protocolli di comunicazione e di sicurezza che consistono in un insieme di regole che definiscono dettagliatamente e formalmente la modalità in cui avverrà la comunicazione e garantiscono un sicuro trasferimento di dati tra le aziende, e la *blockchain* che certifica il completamento di transazioni economiche. Per comprendere il valore che la *blockchain* apporta a questa gestione, è bene

comprendere di cosa si tratta. In questi anni se ne parla molto ed è spesso associata al *Bit-coin*, ma le due cose non coincidono, o, per meglio dire, c'è di più.

La *blockchain* è una vera e propria tecnologia che affonda le radici nel concetto di rete di individui. Nella *blockchain* ogni individuo è un nodo della rete e partecipa attivamente a qualsiasi transazione avvenga per mezzo di essa. Con questa soluzione è sufficiente che la transazione sia approvata dai nodi (c.d. *peer*) della rete e, senza la necessità che un terzo come un notaio interceda, essa è certificata e immodificabile. La garanzia risiede esclusivamente nell'algoritmo che la caratterizza.

L'apporto della *blockchain* alla gestione della logistica esterna, risiede nella possibilità di certificare imprescindibilmente e automaticamente le transazioni che avvengono, di inserire in automatico il carico e/o lo scarico di magazzino nel gestionale e di automatizzare la fatturazione e la schedulazione della produzione. La certificazione avviene per mezzo di *smart contract*, ossia dei contratti nei quali è possibile stabilire le condizioni necessarie perché il contratto si attivi: potrebbe essere quindi stabilito che l'accettazione della merce sia consentita se si verificano determinate condizioni nel trasporto o se, tramite un sistema che ne verifica la contraffazione (con sistemi di etichettatura), questa risulti autentica. Ciò apporterebbe indiscutibili vantaggi alla logistica esterna.

Un'ulteriore metodologia, a supporto della rivoluzione digitale è il *Process Mining*, che ha lo scopo di effettuare un'analisi dei processi tramite un modello virtuale, astratto, emulando il comportamento reale dei macchinari. Esso consente una effettiva simulazione del workflow, e ciò va a supporto di quelle aziende che non hanno la possibilità di avere una visione reale dei processi, quindi ne consente una gestione intelligente tramite il virtuale.

Il *Process Mining*, quindi, ha un ruolo di visualizzazione in tempo reale o di simulazione anticipata, entrambe soluzioni inconfutabilmente utili alla logistica dentro e fuori dalla fabbrica 4.0.

Servizi post-vendita

Grazie alle nuove tecnologie 4.0 è possibile diagnosticare rapidamente i problemi di una macchina o dell'impianto. Il fornitore o il produttore può intervenire da remoto per la per una diagnostica completa e risolvere la complicazione nel caso questa sia esclusivamente legata al software, in caso contrario si potrebbero dare direttive per una risoluzione anche hardware senza recarsi *in loco*. Questo restringe i tempi di servizi post-vendita e ne aumenta l'efficienza, oltre all'efficacia.

Inoltre, i social network sono delle vere e proprie piattaforme per lo scambio di informazioni, e ciò li rende un'opportunità per le imprese; essi fungono, infatti, da canale di ascolto per assistenza tecnica e feedback da cui dedurre inoltre le tendenze e la reputazione di prodotti e servizi (ingenti fonti di dati da cui acquisire conoscenza).

3. MISTA SPA

3.1 Storia della MISTA spa

La Mista nasce a Torino nel 1971, anno in cui inizia la sua attività con la produzione per Cavis, società dell'indotto Fiat. In quegli anni si occupava di saldature a radiofrequenza delle borse dell'acqua del lavavetri, si trattava cioè di termosaldatura: vi era una fase di incollaggio con *hot-melt* (o adesivo termofusibile), un materiale termoplastico che se applicato allo stato liquido aderisce ad una superficie nel momento del raffreddamento, una fase di tranciatura per mezzo di trince applicate su plastica ed una fase di rifinitura dei passaruota (ciò che separa la carrozzeria dalla ruota) adoperando la termoformatura.

Nel 1972 viene costruita la prima trancia di metalli, e così in quegli anni si sviluppa il reparto di tranciatura. Contemporaneamente si iniziano a produrre i primi stampaggi di fanali, quindi a seguire si separano Mista, per costruzione stampi, tranciatura e saldatura di contatti d'argento e minuterie metalliche, da Stamppla che si specializza nello stampaggio della plastica, che in particolare produceva corpi di fanali, con stampaggio manuale che necessitava della presenza dell'operatore a bordo pressa.

Negli anni '80 e '90 Mista sviluppa la produzione di contatti elettrici tranciati con pastiglie di argento saldate o rivettate. Questi prodotti sono utilizzati in molti componenti per elettrodomestici: dai termostati per frigoriferi e boiler, ai pressostati, agli interruttori, alle valvole e pompe.

In particolare, con l'acquisizione di Fire, specializzata nella produzione di relè fabbricati interamente a mano, nell'anno 1982, Mista inizia la produzione di componenti elettromeccanici, inizialmente relè ed in seguito si dedica anche alla produzione anche di interruttori e commutatori nel settore dell'*automotive*. Nel 1986, la sede passa da Torino a Cortiglione e già dall'87 il reparto di tranciatura lavora a pieno ritmo ed è in buona parte automatizzato.

I primi automatismi di montaggio nella produzione di relè hanno preso forma dal 1987, finché l'attività non si è conclusa nel 1996, anno in cui avviene la cessione dell'attività di produzione di relè all'industria Feme (oggi nota con il nome di Carlo Gavazzi), la cui produzione è stata trasferita in Tunisia per qualche anno, prima di essere assorbita dalla Stamppla, che infine ha abbandonato completamente quell'attività per via dell'ingresso nel mercato di industrie orientali che rendevano impossibile all'azienda essere competitiva in quel settore.

La produzione consisteva in montaggi manuali e collaudo. Vi erano macchinari, sui quali venivano posti gli assemblati, che avevano lo scopo di ridurre il carico di lavoro dell'operatore di linea, fino ad arrivare a costampaggi¹ manuali nei quali andavano soltanto caricati gli inserti di metallo e la macchina avrebbe stampato.

¹ Processo che mira ad ottenere un prodotto finito costituito da diversi materiali plastici "fusi" con materiali inglobati o con metalli.

Negli anni '90 la Stamppla inizia a produrre stampaggio di articoli tecnici in plastica per il settore dell'*automotive* e nel 2000 iniziano le prime produzioni di assemblaggio in Tunisia da un terzista.

Successivamente, con l'acquisizione di Stars nel 2002 (il reparto presse iniezione termoplastici della multinazionale Valeo), è stato possibile rafforzare il settore dello stampaggio termoplastico e del co-stampaggio sia in Tunisia che a Cortiglione.

Stamppla e Mista diventano un'unica società per azioni nel 2013.

Oggi MISTA produce contatti elettrici, particolari tranciati e saldati, manufatti in termoplastico per i più importanti produttori di componentistica per l'auto, l'elettrodomestico, l'energia elettrica a bassa potenza [13].

Tutti i prodotti ed i processi sono sviluppati in Italia e realizzati nei siti produttivi di Cortiglione in Italia e di Menzel Bouzelfa in Tunisia. Ad oggi quasi tutte le macchine sono manuali con collaudi automatici, la prima completamente automatica è operativa da circa due anni.

3.2 MISTA oggi

Mista produce contatti elettrici, particolari tranciati e saldati, manufatti in termoplastico per i più importanti produttori di componentistica per auto, l'elettrodomestico e l'energia elettrica a bassa potenza. Attualmente, la produzione è divisa tra sede italiana di Cortiglione (AT), dove lavorano circa 150 persone, e quella Tunisina di Menzel Bouzelfa, dove operano circa 350 persone.

La sede in Italia si compone di un reparto di stampaggio materie plastiche, un reparto di tranciatura minuteria metallica, uno di attrezzatura, un magazzino di materiali metallici e uno

Location	Number of press	Moulding Shop	Model	Screw Diameter (mm)	Number of presses	Generation
Mista - Italy	59	ARBURG 100T	370M 1000-250	35	1	Old
Mista - Italy	61	ARBURG 100T	420M 1000-350	35	1	Old
Mista - Italy	49	ARBURG 100T	420C 1000-250	35	1	Old
Mista - Italy	60	ARBURG 100T	420C 1000-250	35	1	New
Mista - Italy	76	ARBURG 1200T	1300-210	40	1	Old
Mista - Italy	55	ARBURG 1200T	1300-210	40	1	Old
Mista - Italy	40, 69	ARBURG 150T	470C 1500-400	40	2	New
Mista - Italy	41	ARBURG 150T	470C 1500-400	35	1	New
Mista - Italy	30	ARBURG 160T	470C 1600-675	50	1	New
Mista - Italy	52	ARBURG 200T	470C 2000-675	55	1	Old
Mista - Italy	71	ARBURG 320T	720S 3200-2100	70	1	New
Mista - Italy	68	ARBURG 320T	720S 3200-1300	60	1	New
Mista - Italy	64	ARBURG 35T	270S 350-70	22	1	New
Mista - Italy	32, 35	ARBURG 50T	320C 500-100	25	2	New
Mista - Italy	65, 66	ARBURG 50T	320C 500-1700	25	2	New
Mista - Italy	28	ARBURG 60T	320C 600-250	30	1	New
Mista - Italy	78	ARBURG 70T	370U 700-290	40	1	New
Mista - Italy	39	ARBURG 100T	420C 1000-290	35	1	New
Mista - Italy	33	ARBURG 100T	420C 1000-350	25	1	New
Mista - Italy	49	ARBURG 75T	320M 750-90-210	30	1	Old
Mista - Italy	84	ARBURG 80T	1200T-800-150	30	1	New
Mista - Italy	48	ARBURG BIMAT 100T	420M 1000-100/250	35-30	1	Old
Mista - Italy	63	ARBURG BIMAT 160T	520S 1600-290	25-30	1	New
Mista - Italy	75	ARBURG BIMAT 200T	570S 2200-290	25-30	1	Assembly line
Mista - Italy	82	ENGEL 120 T	Victory	40	1	Assembly line
Mista - Italy	83	ENGEL 120 T	Victory	45	1	New
Mista - Italy	56, 58	ENGEL 300 T	ES 1300-300	60	2	Old, Old
Mista - Italy	87	ENGEL 300 T	VC 1350-300	60	1	New
Mista - Italy	53	ENGEL 85 T	ES 380/85	35	1	Old

Tabella 1. Dettagli Presse del reparto stampaggio Italia

di materia prima plastiche e resine, laboratori per effettuare controlli su materia prima e pezzi prodotti e, infine, gli uffici. Il reparto di stampaggio termoplastici è costituito da 31 presse orizzontali ad iniezione che variano da 50 a 350 tonnellate, due linee automatiche di assemblaggio e collaudo e macchine verticali per l'inserimento degli stampi. Queste linee di assemblaggio sono moderne e automatizzate, mentre, per le altre presse in *Tabella 1*, va sottolineata la distinzione tra vecchie e nuove presse, perché le vecchie non sono in grado di fornire informazioni se non come impulsi elettrici I/O, come si analizzerà più nel dettaglio in seguito.

Il reparto di tranciatura e saldatura dei metalli è costituito da 42 linee di tranciatura e saldatura equipaggiate con 51 presse, da 25 a 100 tonnellate. Alcune di esse, evidenziate in *Tabella 2*, sono interconnesse tramite apparecchiature di controllo Brankamp; la produzione annuale supera i 500 milioni di pezzi.

Location	Supplier	Press	Max speed (up to)	Number of presses	Generation
Mista - Italy	Legnani	60 T	300	2	Old
Mista - Italy	S. Giacomo	40 T	150	21	Old
Mista - Italy	Yamada*	40 T	1200	1	New
Mista - Italy	Colombo Agostino	40 T	200	3	Old
Mista - Italy	Colombo Agostino	95 T		1	Old
Mista - Italy	Balconi	80 T	300	1	Old
Mista - Italy	Balconi*	60 T	300	1	Old
Mista - Italy	Balconi*	100 T	300	1	Old
Mista - Italy	Balconi	25 T	150	1	Old
Mista - Italy	Bruderer*	50 T	1500	1	Old
Mista - Italy	Bruderer*	60 T	1000	2	Old
Mista - Italy	Ompsa*	40 T	500	7	Old
Mista - Italy	Ompsa*	40 T	350	1	Old
Mista - Italy	Ompsa*	50 T	500	3	Old
Mista - Italy	Ompsa*	63 T	500	1	Old
Mista - Italy	Bullcom	40 T	250	4	Old

Tabella 2. Dettagli Presse del reparto tranciatura Italia

*Tramite un software remoto, Brankamp, è possibile conoscere velocità e pezzi prodotti.

L'attrezzatura è adibita per la manutenzione, il collaudo e la costruzione di stampi.

Nell'officina stampi di Cortiglione, sono svolte attività di progettazione, produzione e manutenzione di attrezzature per la trancia a passo e saldatura elettrica nonché di progettazione e realizzazione di stampi ad iniezione per stampaggio e costampaggio termoplastici.

L'officina è equipaggiata con varie attrezzature per la lavorazione dell'acciaio:

Location	Department	Manufacturer	Machine	Quantity
Mista - Italy	Tooling Shop	Sodick A325	Electrowire erosion	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Agie Charmilles Challenger	Electrowire erosion	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Agie Charmilles Robofil 6000	Electrowire erosion	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Deckel Maho FP3NC	CNC milling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Deckel Maho V75Linear	CNC milling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Stan	manual milling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Rambaudi V3	manual milling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	CR611	automatic microdrilling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Fine Sodick	manual microdrilling machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Kent KGS25	grinding machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	KGS410	grinding machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Jones & Shipman 0540	grinding machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Agie Charmilles Roboform 400	edm machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Agie Charmilles Form 20	edm machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	Millutensil 3V251	mould testing machine	1
Mista - Italy	Tooling Shop	OR Laser BU120	laser welding machine	1

Tabella 3. Dettagli macchine in attrezzatura Italia

- Centro di lavoro fresa CNC x 2
- Elettroerosione a filo x 3
- Elettroerosione a tuffo
- Rettifica a coordinate planari x 3
- Macchina di misura a coordinate CNC 3D
- Pressa prova stampi

I laboratori sono dotati di tecnologie all'avanguardia per diverse prove meccaniche e test da svolgere su materie prime e componenti.

Gli uffici, si dividono in ufficio tecnico, ufficio vendite e ufficio acquisti.

In Tunisia, la fabbrica si compone di un reparto di stampaggio, un'attrezzatura, dei laboratori, magazzini materie prime e semilavorati e uffici.

Il reparto di stampaggio è equipaggiato con 28 presse per stampaggio ad iniezione tra 50 e 320 tonnellate come mostrato in *Tabella 4*, e a queste si aggiungono presse verticali ad iniezione, macchine per saldatura ad ultrasuoni e linee per il collaudo e l'assemblaggio di prodotti elettromeccanici.

Press Number	Serial	Supplier	Model	Screw diameter(mm)	Generation
Presse N°80	226060	ARBURG	720S 3200-1300	60	New 2013
Presse N°77	226028	ARBURG	720S 3200-1300	60	New 2013
Presse N°72	221581	ARBURG	720S 3200-1300	60	New 2012
Presse N°6	203880	ARBURG	720S 3200-1300	60	New 2007
Presse N°20	165814	ARBURG	520C 2000-675	55	Old 1996
Presse N°18	161546	ARBURG	470C 1600-625	50	Old 1995
Presse N°19	185390	ARBURG	630S 2500-1300	70	Old 2001
Presse N°34	196155	ARBURG	420C 1000-350	35	Old 2004
Presse N°43	196157	ARBURG	420C 1000-350	40	Old 2004
Presse N°33	205063	ARBURG	420C 1000-290	35	New 2007
Presse N°17	214581	ARBURG	420C 1000-290	35	New 2010
Presse N°88	232504	ARBURG	470S 1100-400	40	New 2015
Presse N°87	231310	ARBURG	420C 1000-290	35	New 2015
Presse N°40	208968	ARBURG	370S 700-290	25	New 2008
Presse N°79	165554	ARBURG	420M1100-100/250	30	Old 1996
Presse N°67	212565	ARBURG	1200T 800-350		New 2010
Presse N°73	221564	ARBURG	1200T 1000-400	25	New 2012
Presse N°74	165851	ARBURG	1200T 1300-210	40	Old 1996
Presse N°42	164728	ARBURG	1200T 1300-210	40	Old 1995
Presse N°81	166312	ARBURG	1200T 1300-210	40	Old 1996
Presse N°41	207264	ARBURG	1200T 1300-350	40	New 2007
Presse N°85	229838	ARBURG	320C 500-170	30	New 2015
Presse N°45	212449	ARBURG	320C 500-170	30	New 2010
Presse N°39	209589	ARBURG	320C 500-170	30	New 2008
Presse N°38	204400	ARBURG	320C 500-170	30	New 2007
Presse N°37	209730	ARBURG	320C 500-100	25	New 2008
Presse N°36	193994	ARBURG	320C 500-100	25	Old 2004
Presse N°25	196151	ARBURG	320C 500-100	25	Old 2004

Tabella 4. Dettagli macchine stampaggio Tunisia

Nel sito di Menzel Bouzelfa è presente un reparto interamente dedicato alla tampografia².

Il reparto è costituito da 5 macchine per tampografia, 3 a 2 colori, 1 a 4 colori, ed una per tampografie di grandi dimensioni (fino a 500 mm).

Il reparto è inoltre fornito di nastri con forni riscaldati per l'asciugatura dei componenti.

² Un procedimento di stampa indiretto, che permette di riprodurre, in modo semplice e con elevata fedeltà e risoluzione, disegni, scritte e decori sia su superfici piane che su superfici concave, convesse o comunque irregolari.

In attrezzatura, come nella sede di Cortiglione, vi sono macchinari diretti al collaudo, alla produzione e alla manutenzione di stampi.

Ai fini dell'integrazione dell'Industria 4.0 in Mista è indispensabile classificare le presse nei diversi reparti per distinguere i dati che queste possono trasmettere.

Reparto stampaggio

Il reparto è costituito da 31 presse di vecchia, media e nuova generazione che sono in alcuni casi automatiche ed in altri casi semiautomatiche e richiedono, quindi, un intervento manuale.

Le presse di media e nuova generazione hanno al più aspetti comuni; la distinzione principale, oltre all'anno di produzione, consiste nell'interfaccia tra macchina e operatore (le seminuove hanno una tastiera, le nuove uno schermo touch screen). Nell'elenco in *Tabella 1*, sono state etichettate tutte come "new".

Le presse "new" sono in grado di mostrare a bordo linea tutti i parametri delle macchine, essi sono infatti rilevati, estratti, processati ed elaborati per essere poi esposti.

Le "Old", ossia le macchine di vecchia generazione, sono in grado di mostrare su un display numero di pezzi prodotti e tempo ciclo (tempo che impiega la macchina per completare un ciclo).

Inoltre, le linee di assemblaggio sono le più moderne, totalmente automatizzate, dotate di display touch, in grado di leggere svariati parametri e controlli dei pezzi automatici.

Reparto tranciatura

Il reparto è composto da 51 presse, 4 rivettatrici e 4 linee automatiche di assemblaggio. Le presse si dividono, anche in questo caso, in "Old" e "New" per la differenza dell'anno di costruzione e, quindi, anche di prestazioni e capacità di fornire informazioni.

In reparto tranciatura, entra materia prima già controllata dal fornitore, essa è certificata, ed in genere non subisce ulteriori controlli prima della lavorazione (c.d. *freepass*).

La lavorazione si articola in diverse fasi: il nastro metallico viene caricato grezzo dall'operatore sullo svolgitore che lo rilascia nella macchina per essere tranciato (subisce una tranciatura passo-passo e una lavorazione) e conseguentemente riavvolto con della carta interposta pronto per essere spedito all'esterno; in tale fase subisce un controllo visivo sulla linea. A seguire quindi viene trattato all'esterno, magari da un cliente, ed infine viene riportato in reparto per essere nuovamente tranciato e separato in parti definitive.

Dopo il trattamento subito all'esterno viene sottoposto ad ulteriori controlli prima di essere riposto nel magazzino WIP (c.d. *Work In Progress*) per essere poi rilavorato.

Flusso di materiale e gestione magazzino

La Mista di Cortiglione si divide in due reparti, stampaggio e tranciatura, per la lavorazione di materiali distinti, infatti vi sono due principali flussi di materiale:

- Flusso della plastica (in tranciatura gli output potrebbero essere già prodotti finiti da spedire al venditore);

- Flusso del metallo (in stampaggio potrebbe non essere necessario del metallo per completare il pezzo, ma esclusivamente resina).

Il metallo arriva in ingresso come nastro avvolto e disposto in magazzino, in cui ogni spazio, ad esso dedicato, sulla scaffalatura, è identificato da un *barcode*.

Il nastro viene disposto su una o più presse per essere lavorato e a seguire viene depositato nel magazzino semilavorati, se deve essere assemblato con materiale plastico, o nel magazzino prodotti finiti se pronto per la consegna.

L'output del processo di tranciatura, che è già prodotto finito, consiste in contatti elettrici a bassa e alta potenza, ovvero di tranciati per settori dell'elettrodomestico, automobilistico ed industriale. È possibile, inoltre, effettuare ulteriori lavorazioni sui pezzi, come piegatura, filettatura.

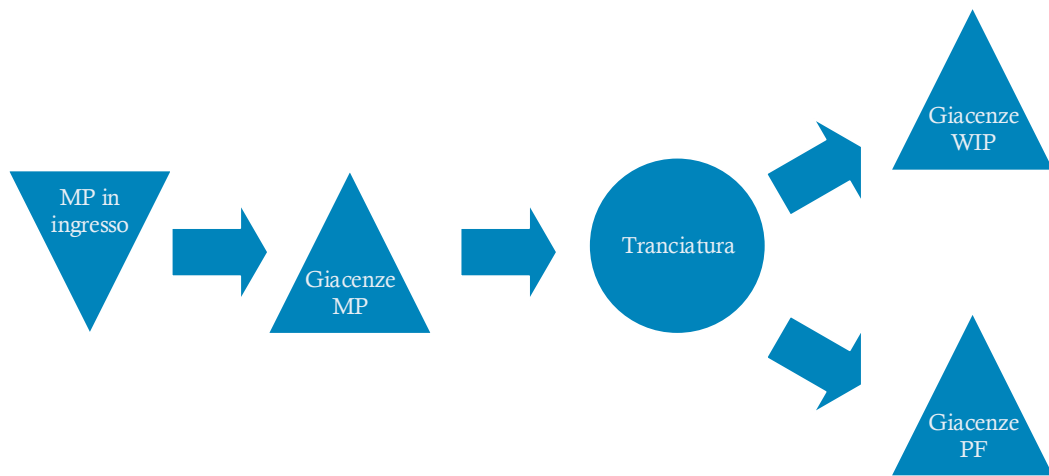


Figura 2. Processo minuteria metallica

Per quanto riguarda il reparto di stampaggio, la materia plastica, sotto forma di resina viene depositata nel magazzino Materie Prime; questa viene poi trasportata in sacchi disposti al fianco delle presse per essere lavorata. Al termine della lavorazione, che può anche comportare l'assemblaggio di componenti plastiche e metalliche o l'assemblaggio di più componenti di plastica, la materia grezza diventa prodotto finito che viene depositato a magazzino pronto per la consegna.

I prodotti finiti di questo processo produttivo sono termoplastici con buone proprietà tecniche ed estetiche. La produzione ad elevate prestazioni, fornisce il settore dell'*automotive* e il settore industriale con polimeri³ standard, tecnopolimeri⁴ (o *engineering plastics*), e polimeri ad alte prestazioni.

³ Macromolecola costituita da molecole a basso peso molecolare che posseggono uno o più doppi legami ripetuti a catena.

⁴ Polimeri dotati di elevate caratteristiche fisico-meccaniche (rigidità, tenacità, duttilità, lavorabilità, resistenza a temperature elevate, a carichi statici e dinamici e all'invecchiamento) tali da consentirne l'utilizzo in sostituzione dei tradizionali metalli.

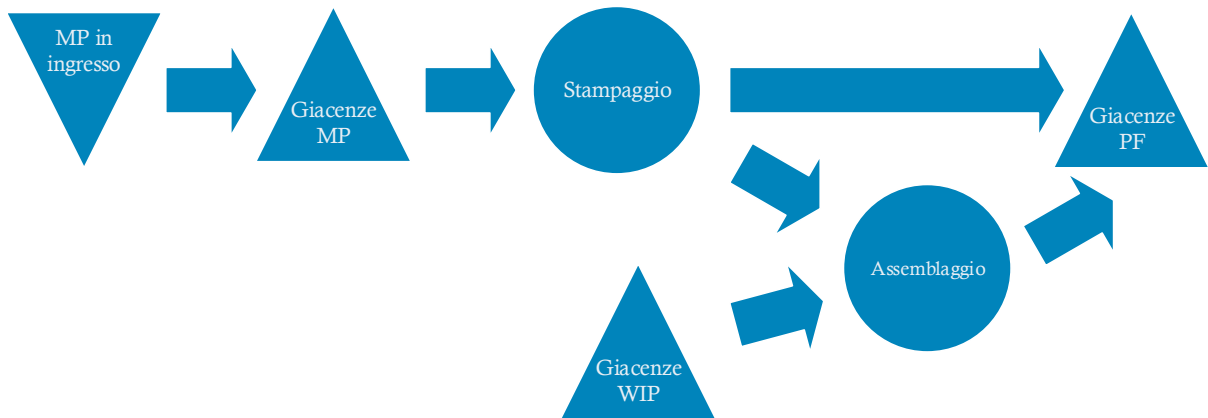


Figura 3. Processo termoplastici e costampati





La produzione è *Make to Stock*: ossia il prodotto finito, a prescindere dalla quantità domandata, viene prodotto, basandosi comunque su una domanda di mercato o sullo storico delle richieste dei clienti.

Il segnale che controlla l'avanzamento della produzione viene dall'interno, cioè viene autorizzato il rilascio degli ordini di produzione in base allo stato del sistema.

Si tratta quindi di sistemi Pull. Non è una politica molto ferrea, fatto sta che spesso questo sistema funziona perché si basa sulla previsione della domanda del cliente o del mercato di quel pezzo.

È evidente che nella logistica della Mista, come in *Figura 4*, il flusso di informazioni

Flusso di materiale e di informazioni

-  Flusso di informazioni
-  Flusso materiale
-  Trasformazione e/o assemblaggio
-  Magazzino

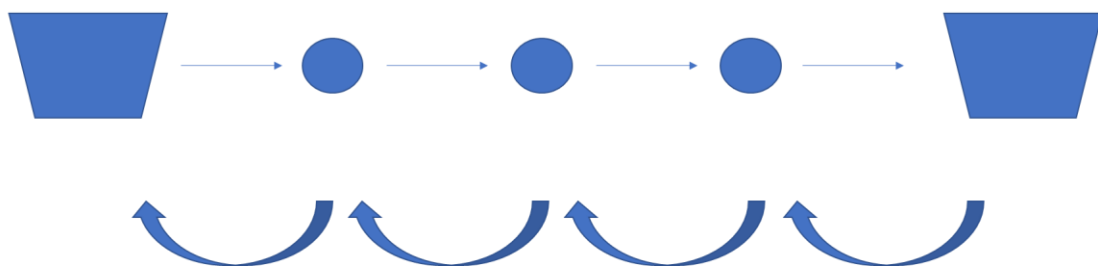


Figura 4. Flusso di materiale e di informazioni Make to Stock

viaggia nel senso opposto rispetto al flusso di materiale; laddove c'è carenza, parte un ordine per evitare lo *stock out*⁵ ed avere una produzione continua.

⁵ Interruzione del processo produttivo per esaurimento scorte.

Sistema gestionale: SIGIP

Al fine di implementare efficaci ed efficienti sistemi informativi, requisito indispensabile sta nella conoscenza del settore e nell'individuare con chiarezza i requisiti richiesti dal cliente. L'obiettivo principale risiede nel soddisfacimento di tali requisiti, perciò chi fornisce sistemi gestionali, ha l'obbligo di comprendere tali esigenze, ed implementare un sistema che ne risponda.

Esperienza e competenza sono dei *must* per fronteggiare la complessità dei processi funzionali e organizzativi delle grandi imprese; è necessario che l'approccio sia tanto concreto, chiaro e determinante, quanto flessibile al fine di ottenere, cooperando, essendo l'obiettivo finale comune a cliente e fornitore, un sistema che aderisca esattamente alla struttura dell'azienda quanto ad esigenze e aspettative della stessa.

È controproducente fare ricorso a pacchetti preimpostati e chiusi; ogni realtà imprenditoriale avrà peculiarità che la distinguono dalle altre, per quanto possano convergere a grandi linee, e ogni processo funzionale e organizzativo ha specifiche esigenze. È necessaria una sinergia con il cliente, che sommata ad esperienza e competenza consulenziale, matura e ben strutturata, tramite un'accurata analisi del cliente, settoriale, dell'impianto, dell'impatto possibile dell'eventuale nuovo sistema informativo, sviluppi un progetto adatto. La soluzione deve essere flessibile, customizzabile e con possibilità di integrazioni prima dell'implementazione ma anche dopo, per eventuali modifiche e possibili incomprensioni.

È necessario tener conto di tutte le interrelazioni fra funzioni aziendali, per garantire una più fluida circolazione delle informazioni, per consentire al cliente un più rapido ritorno dell'investimento per l'acquisto del software.

Il mercato è in continua evoluzione, perciò è necessario essere al passo con i tempi. Tramite l'implementazione e l'installazione di un sistema gestionale è possibile migliorare le performance aziendali attraverso l'informatizzazione di gestione, controllo e pianificazione dei processi d'impresa: massima efficienza e automazione. La grande impresa deve essere in grado di adeguare organizzazione e processi al mercato, costantemente, per restare competitiva: questo processo deve essere semplice, veloce e sicuro grazie a flessibilità ed efficienza che SIGIP deve garantire. Allo scopo di perseguire e realizzare tali obiettivi, è offerta dal sistema informativo la sinergia di due componenti fondamentali:

- L'elevato standard qualitativo e la copertura funzionale delle soluzioni;
- L'elevata competenza progettuale e la profonda capacità d'analisi dei processi organizzativi.

Il fornitore deve affiancare il cliente in fase di analisi e di studio della realtà organizzativa esistente, nell'ottica di delineare gli obiettivi da perseguire e come raggiungerli, sia nelle fasi di progettazione e implementazione delle soluzioni. Inoltre indispensabile è la garanzia di continuità nel funzionamento nel corso del tempo, e di conseguenza l'assistenza laddove richiesta.

La Mista, seguendo la forte spinta competitiva ed innovativa, caratteristica di un ambiente produttivo da sempre competitivo, ha cercato nuove soluzioni per poter operare in modo più efficiente ottenendo una maggiore produttività; un sistema gestionale in grado di soddisfare le proprie esigenze di gestione ordini, pianificazione, schedulazione, ricercando una soluzione concepita a vantaggio della gestione, controllo e pianificazione dei processi d'impresa. Inoltre SIGIP è in grado di gestire,

contemporaneamente, più stabilimenti nell'ambito della stessa impresa, nel caso in esame, lo stabilimento sito in Italia a Cortiglionone e lo stabilimento in Tunisia di Menzel Bouzelfa, realizzando così una vera *supply chain*.

SIGIP permette di ottimizzare la produttività in termini di saturazione degli impianti e della mano d'opera, contribuendo alla minimizzazione delle scorte di produzione, nel rispetto delle scadenze definite dai piani di produzione.

L'ottimizzazione della produttività è ottenuta grazie alla razionalizzazione del processo produttivo che si traduce, in azienda, nei seguenti vantaggi

- Miglioramento del processo decisionale e della flessibilità operativa;
- Ottimizzazione dello stock di semi lavorati e prodotti finiti;
- Integrazione della gestione multistabilimento;
- Miglioramento del sincronismo fra le varie fasi produttive e con le altre attività parallele alla produzione (ricevimento materiali, controlli qualità etc.);
- Livellamento dei piani di produzione.
- Ottimizzazione del flusso informativo fra le diverse aree aziendali;
- Minimizzazione delle attività ripetitive;
- Elevata modularità nella realizzazione delle diverse componenti che permettono di raggiungere in breve tempo risultati apprezzabili;
- Contenimento dei tempi di installazione, avviamento ed addestramento;
- Personalizzazioni senza intervento sul codice dei programmi grazie alla parametrizzazione tramite tabelle.

Dati tecnici di produzione: distinta base e cicli

Il modulo racchiude la vera e propria base d'informazioni su cui si fonda la gestione della produzione e sulla quale vengono determinati i costi degli articoli. Mediante la distinta base produttiva, che rappresenta la struttura di fabbricazione del prodotto, vengono gestite le validità dei legami all'interno di diverse tipologie, le operazioni di ciclo collegate con la possibilità di gestire più distinte diverse per un unico prodotto con le tecniche di "esplosione" ed "implosione".

Attraverso i cicli di produzione vengono descritte le operazioni da eseguire per trasformare un materiale grezzo in un semilavorato o i componenti di un assieme nell'assieme stesso. Il modulo permette inoltre di raggruppare una o più risorse produttive, tecnologicamente e produttivamente omogenee, definendo un'anagrafica dei centri di lavoro associabile ad un singolo ciclo di lavorazione. I prodotti possono essere qualificati secondo la loro provenienza, anche con la possibilità di gestire doppie provenienze e la possibilità di storicizzare la loro dinamica.

Dati tecnici di progettazione

La gestione dei dati di progettazione comprende un insieme di funzioni che permette all'ente di progettazione di svolgere la propria attività e di integrarsi con le funzioni della produzione. Queste funzioni, complementari ai sistemi di supporto al design (CAD), tipici della progettazione, sono le seguenti:

- Gestione della struttura tecnica del prodotto o distinta base tecnica;
- Gestione delle modifiche tecniche;
- Emissione della documentazione di modifica;
- Gestione della storia delle configurazioni dei prodotti;
- Gestione del ciclo di vita del prodotto (PLC).

Il modulo gestisce inoltre l'anagrafica delle modifiche tecniche, dove vengono archiviate le informazioni relative alle modifiche di progettazione e la distinta base tecnica, dove è possibile visualizzare la rappresentazione della composizione del prodotto secondo la struttura progettuale.

Ordini interni (di lavoro)

Per mezzo del modulo si effettua il lancio delle lavorazioni interne con contemporanea emissione e gestione della documentazione di officina. È inoltre possibile controllare l'avanzamento delle lavorazioni fornendo il programma di lavoro alla fabbrica e predisponendo la base dati per la verifica dei carichi macchine e della manodopera. Verso la fabbrica è possibile gestire, oltre ad ordini di lavoro di tipo chiuso, anche programmi ordini, costantemente rigenerati dalle procedure di pianificazione [14].

Brankamp

Brankamp è un software a cui sono collegate delle centraline con lo scopo di contare i passi delle strisce. Esso interconnette un numero limitato di presse in reparto tranciatura (alcune Balconi, le Omposa, le Bruderer e la Yamada); raccoglie dati su velocità di battitura della macchina e pezzi prodotti; è un sistema che interconnette le presse ma non è collegato ad una rete wireless, è limitato al reparto tranciatura in Italia e limitato a presse ad esso compatibili. Tramite questo sistema è quindi possibile raccogliere dati relativi ai macchinari per la tranciatura coinvolti, senza che l'operatore debba recarsi a bordo macchina, ma direttamente dalla cabina posta in reparto che ne riceve i dati.

Documentale

Nel documentale, definito DM, sono presenti un lungo elenco di file in formato .docx e .xlsx, contenenti ricette di pezzi da produrre, livello degli operatori, in continuo aggiornamento.

Il fattore fondamentale del DM è che esso memorizza ogni modifica effettuata ad un file e conserva tutte le copie del documento distinguendo l'ultima: l'utilità di questa funzione sta nello scoprire quelle modifiche effettuate in un secondo momento da un operatore o un responsabile su parametri macchina predefiniti dal cliente, per la produzione di un determinato pezzo. Quindi, sul DM è possibile individuare e visualizzare lo storico delle modifiche apportate ad una scheda di un prodotto. Ciò è utile per non perdere l'originale, per assegnare delle responsabilità, in quanto oltre alle versioni precedenti sono note anche data e ora di modifica, e poter sempre recuperare il file originale. In genere, le modifiche apportate ai parametri macchina hanno lo scopo di perfezionare la produzione tramite un approccio visivo e pratico sul campo, in quanto non è possibile che i parametri preimpostati siano validi e perfetti per ogni pressa, difatti esiste un range di tolleranza. Alle volte, però, l'iniziativa è troppa ed è necessario monitorare gli interventi non indispensabili, e quindi da evitare, da parte di chi non ne ha l'autorizzazione.

Oltre alle "ricette" di prodotti di stampaggio e tranciatura, sono anche conservati documenti che attestano il livello e quindi l'autorizzazione di operatori a svolgere determinate mansioni. Questi file sono in collegamento con il gestionale, possono essere appunto analizzati dallo stesso e visionati tramite SIGIP.

Raccolta dati processo

Ciò che è fondamentale per l'analisi, è conoscere come Mista raccoglie oggi i dati, sui pezzi prodotti.

Il processo consiste in un campionamento cadenzato ogni predeterminato quantitativo di ore, stabilito dal gestionale, SIGIP, durante la quale l'operatore di linea controlla il pezzo eseguendo controlli visivi ed altri con l'ausilio di strumenti complementari per valutarne la correttezza. Questi controlli possono essere visionati da chi di competenza a bordo macchina su fogli stampati.

A seguire sulla scheda di monitoraggio (Allegato 1), che è cartacea, si inseriscono a penna dettagli sulla produzione. La scheda di monitoraggio della produzione è identificata univocamente dal numero della pressa e dalla data della produzione.


	Scheda monitoraggio produzione: FOGLIO DI PRODUZIONE + AUTOCONTROLLO					Data creazione: 13/07/2012
						Mod. 101.01 del 31/08/2012
						Codice resina:
Numero PRESSA:	Data:	Cliente:	Codice prodotto:	Identificazione stampo:	Numero impronte stampo:	

Figura 5. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 1

A destra, in *Figura 5*, è presente il campo, da compilare, relativo al numero di impronte dello stampo, ossia per ogni stampata effettuata dalla pressa, quanti output effettivamente saranno prodotti.

Le lavorazioni effettuate, e quindi i dati raccolti in reparto stampaggio non sempre coincidono con il reparto di tranciatura; in *Figura 5*, ad esempio, è chiaro che il numero di impronte stampo non esiste in tranciatura e quindi non è richiesto nella scheda di monitoraggio della produzione relativa a quel reparto.

Ogni giornata lavorativa sulla scheda monitoraggio di produzione si divide in due o più turni assegnati ad un operatore di linea, che sono tenuti a firmare il foglio a fine turno.

Inoltre è presente sul foglio di produzione, come visibile in *Figura 6*, la linea temporale giornaliera suddivisa per intervalli di 15 minuti. È necessario, infatti, indicare l'ora di inizio e di conclusione del cambio stampo laddove accada.

				TURNO 1:											
Cambio stampo (Pilota: responsabile allestimento pressa)	Totale spurgo (Kg)														
	Totale pezzi scartati														
	Ora inizio cambio stampo														
	Ora fine cambio stampo														
T essiccazione (min)	Numero forno	°C	N° BEM												
			Q.tà versata												
Mettere una X sulla casella che corrisponde all'ora di riempimento forno seguendo il numero di lotto e BEM Mettere una X sulla casella del riempimento successivo															

Figura 6. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 2

Indispensabile per la tracciabilità della materia prima è il numero BEM, un codice alfanumerico che identifica univocamente il sacco di materia prima, che può essere resina plastica o nastro metallico, sito vicino ad una pressa. Inserendo il codice, sarà reso noto ai posteri, per eventuali controlli a ritroso, da quale sacco la pressa è stata rifornita di materia prima. Il codice BEM, non è certo corrisponda ad un unico lotto di materia prima, quindi non è sufficiente a risalire interamente la catena produttiva. Una riga della carta di produzione è dedicata al numero degli scarti che si ottiene sommando gli scarti effettuati dalla pressa in allarme visibili sul monitor della pressa e il numero di pezzi non conformi identificati dall'operatore di linea (la fase del controllo qualità verrà approfondita in seguito).

Una sezione è dedicata all'essiccazione: l'incaricato dovrà inserire, il tempo impiegato dalla pressa a completare l'operazione, la temperatura alla quale è stata effettuata e in quale forno.

In tranciatura questa fase della lavorazione del pezzo non esiste.

Nel "Totale spurgo" andrà inserita in kilogrammi la quantità di materiale da rimuovere durante la lavorazione, utilizzato per garantire la forma del pezzo. Esso viene scartato da sistemi automatici installati sulla pressa che appunto lo separano dal prodotto in uscita.

Sulla scheda dedicata alla produzione, in tranciatura, essendo possibile eseguire diverse tipologie di lavorazioni mediante la stessa trancia, l'operatore di linea dovrà inserire l'orario di inizio e di fine di cambio di lavorazione, poiché anche in questo caso è necessario allestire la pressa per lo scopo.

Importante per conoscere l'avanzamento della produzione, è sapere quanto tempo la macchina era ferma o lavorava, e, nella sezione "Produzione" in *Figura 7*, l'operatore di linea dovrà segnare con tratti di penna i momenti in cui la macchina era funzionante. In caso contrario, vi è un elenco di causali predefinite più frequenti di fermo macchina; anche in tal caso vanno segnalate con un tratteggio in corrispondenza della linea

temporale, in modo da conoscere ogni dettaglio sul lavoro che sta eseguendo la pressa analizzata.

Le causali di fermo macchina in reparto stampaggio e in reparto tranciatura non coincidono, infatti, le principali che si riscontrano in reparto tranciatura tra le quali scegliere sono:

- Fermo per problema pressa abbinata;
- Problema pressa;
- Problema stampo;
- Problema pinza;
- Problema qualità;
- Cambio nastro.

Mettere una X sulla casella che corrisponde all'ora di riempimento forno seguendo il numero di lotto e BEM Mettere una X sulla casella del riempimento successivo		6	7	8	9	0	1	1	2	3
		15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45	15 ↑ 30 ↑ 45
\	Produzione									
\	Fermo pressa pianificato									
\	Pb pressa, stampo, ecc.									
\	Problema Qualità									
\	Cambio produzione									
\	Mancanza personale									
\	Manca MP / inserti / imballi									
\	Pausa o altro (specificare)									

Figura 7. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 3

Da queste minime differenze, è evidente che a bordo pressa nel caso del reparto tranciatura non è indispensabile la presenza dell'operatore e che il cambio produzione, nel caso di tranciatura, coincide con il cambio del nastro di materia prima; per quanto riguarda le altre causali elencate non vi sono particolari differenze.

Proseguendo lungo il documento si giunge ad una sezione di controllo qualità: i controlli possono essere visivi, di contatto, o effettuarsi con l'utilizzo di terzi strumenti. Sono cadenzati sulla base di un programma orario noto all'operatore che controllerà *n* pezzi verificandone la conformità: se conformi saranno registrati come "OK" se non conformi invece come "NOK".

Per verificarne la conformità, ogni pressa è dotata di un fascicolo, chiamato “atlante dei difetti”, che contiene le prove da effettuare sul pezzo ed uno storico difetti riscontrati già in precedenza. Generalmente, l’operatore chiede il parere del responsabile di reparto se individua un’anomalia, sia che questa sia già presente nell’elenco o meno. È inoltre possibile inserire delle note, per un nuovo difetto mai

Registrazione autocontrollo	Numero impronte controllate				
	Test	OK NOK	OK NOK	OK NOK	OK NOK
	Note				
	Firma operatore				
	Firma qualità				
Registrazione temperatura stampo (se richiesta)	Parte Fissa				
	Parte Mobile				

Figura 8. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 4

riscontrato precedentemente, o altri dettagli che si ritiene opportuno dover fornire. Per certificare la qualità del pezzo, infine, viene posta la firma del responsabile della qualità di turno, e non resta che compilare un’apposita sezione sulla temperatura dello stampo laddove richiesta.

Sul retro della scheda vanno inserite informazioni aggiuntive, visibili in Allegato 2.

Per iniziare, è richiesto che venga inserito il tipo di difetto riscontrato, qualora sia stato trovato su uno scarto durante il campionamento. Nella scheda sono elencati quelli più frequenti, che non corrispondono esattamente ad anomalie riscontrabili in reparto tranciatura. Nel reparto tranciatura, infatti, dallo storico dei pezzi prodotti, nasce la lista dei difetti che contiene le seguenti voci:

- Rottura / scheggiatura;
- Bava;
- Macchie / Aloni;
- Fuori quota;
- Bollatura da sfrido⁶;

⁶ Riduzione del peso di una merce subita durante una o più fasi di lavorazione precedenti alla sua commercializzazione.

- Altro (da specificare).

	6.30	8.30	10.30	12.30	14.30	16.30
Incompletezza						
Rottura						
Bava						
Macchie						
Bruciature						
Risucchi						
Bolle						
Caduti						
Ideo NC						
Circuito deformato						
Pin corto o deformato						
Allarme macchina						
Scarto collaudo generico						
Altro (specificare)						

Figura 9. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 5

Le tipologie di imperfezioni riscontrabili sono in numero nettamente inferiori a quelle del reparto di stampaggio, perché la lavorazione di tranciatura è evidentemente molto meno articolata rispetto allo stampaggio.

A bordo di ogni pressa, è possibile riconoscere un numero identificativo dei pezzi prodotti dalla macchina. Quest'ultima è, inoltre, in grado di mostrare il numero di pezzi, prodotti durante un possibile stato di allarme della macchina, che automaticamente vengono etichettati come scarti di produzione. È, quindi, necessario inserire il numero di pezzi prodotti e tra questi il numero dei conformi, come mostrato in *Figura 10*, per conoscere lo stato di avanzamento della produzione. Il numero che appare sulla macchina, se questa rientra nella categoria "Old" è il numero di stampate che essa ha effettuato, quindi va moltiplicato per il numero di forme che essa produce. Sia per quanto riguarda gli allarmi che la produzione, viene mostrato il numero di stampate nelle presse più vecchie, quindi va eseguita un'operazione di moltiplicazione e sottrazione per ottenere i conformi:

$$n_{conformi} = n_{stampate} * n_{figure} - n_{stampate-in-allarme} * n_{figure}$$

Va considerato che il numero ottenuto dalla formula non corrisponde al numero reale di conformi, perché vengono effettuati sul pezzo svariati controlli qualità per osservare anomalie che la macchina da sola non rileverebbe.

Nella riga “Totale pezzi conformi” andrà inserito il numero di conformi rilevati dalla

PEZZI NON CONFORMI:	Contatore pressa	Contatore INIZIO		Contatore FINE	
				Operatore	
	Totale pezzi conformi				
Note					

Figura 10. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 6

macchina, sfoltito degli scarti individuati dal controllo qualità dell'operatore. In particolare, la strategia utilizzata è quella di dichiarare “sospesi” tutti i pezzi prodotti dall'apparizione dell'anomalia per la prima volta fino alla rilevazione di questa da parte dell'operatore. Quindi, nel caso descritto, tutta la produzione verrà momentaneamente sottratta dall'avanzamento della commessa, per essere ricontrrollata a tappeto da un addetto e magari, in un secondo momento, reinserita. Ciò che farà l'operatore di linea sarà quindi:

1. Notare il difetto;
2. Controllare gli altri pezzi campionati presenti a bordo macchina, come prova, in apposite scatole contenenti dei separatori che permettono una chiara separazione dei pezzi analizzati, per orario del controllo;
3. Contare i pezzi prodotti dal momento in cui l'operatore individua per la prima volta il difetto su di un pezzo campionato;
4. Coinvolgere il capo reparto qualora lo ritenesse necessario;
5. Aggiornare il numero di pezzi conformi;
6. Inserire nell'apposito spazio eventuali note perché l'operazione effettuata sia comprensibile a terzi.

È importante, inoltre, che, in caso di manomissioni di parametri macchina, dovute ad iniziative da parte dell'addetto o da una richiesta, vengano segnalate e, a tale scopo, vi è un apposito spazio a fondo pagina, come in *Figura 11*, in cui poter inserire varie modifiche apportate, perché ritenute necessarie, da chi di competenza, o conseguenti

Informazioni per il capo turno e azioni realizzate	
Nome e firma dell'operatore	

Figura 11. Scheda monitoraggio di produzione - Particolare 7

ad un allarme o un'altra problematica riscontrata durante il turno. La firma è da apporre ai fini dell'assegnazione delle responsabilità.

Per riconoscere il difetto, l'operatore dispone oltre che dell'atlante difetti, di una scheda che racchiude tutti i metodi di collaudo da effettuare sul pezzo, di cui è riportata una tipica pagina in *Allegato 3*, a titolo esemplificativo. Sono richieste al lavoratore, varie operazioni da eseguire per il controllo qualità che potrebbero richiedere anche strumentazione ausiliaria posizionata, a tale scopo, a bordo macchina.

La parte superiore del documento, in *Figura 12*, è identificativa del pezzo che si dovrà controllare, per mezzo di codice cliente e disegno dalla quale sarà necessario visualizzare le quote richieste.



	DOSSIER DI PRODUZIONE	
Documento: SCHEDA METODI DI COLLAUDO		
Prodotto: Support commutateur - Stampo a fig. 2		
RIFERIMENTI:	Nome società Cliente	
Area produttiva	Mista	Esp. Mod: J del 07/01/2015
Reparto appartenenza:	Stampaggio o Tranciatura	
Prodotti:	<input checked="" type="checkbox"/> Nuovi	<input type="checkbox"/> Modificati
Vettura di destinazione	J92	
Disegni cliente:	Codice che identifica il disegno	

Figura 12. Scheda metodi di Collaudo - Riferimenti

Scorrendo lungo il documento, si entra nel merito delle operazioni da eseguire nel dettaglio, che possono essere di vario genere, riferite a diversi parametri. Per agevolare l'operatore si preferisce evidenziare i controlli da eseguire in quel turno o in quel giorno, necessariamente, che non dovrà appunto eseguire tutta la scheda, ma solo alcune operazioni ritenute più rilevanti, allo scopo di ottimizzare lo sfruttamento di tempi e risorse.

Per ogni controllo, viene specificato l'ordinamento delle operazioni da svolgere, la caratteristica tecnica da controllare, quindi la dimensione della stessa, e la relativa tolleranza, il documento o l'istruzione a cui far riferimento, il mezzo da utilizzare per il controllo e la frequenza con cui la caratteristica dovrà essere controllata.

SCHEDA METODI DI COLLAUDO								
N°	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE	CLASSE Q	RIFERIMENTI	DESCRIZIONE MEZZO	FREQ.	ENTE	CARTA REGISTR.	PIANO DI REAZIONE
1	Quota (F-12) Ø 39,4 mm +0,2/-0	FF	ISTRUZIONE OPER. 020/17	TAMP. P/NP M.879	BIL \ BCL	Q	081	AEFL
					1 st \ 24 ore	Q	101	ADEFL
					1 st \ 2 ore	L	101	ABDEFIL
2	Quota (J-8) Ø 64,1 mm +0,25/-0	FF	ISTRUZIONE OPER. 020/17	TAMP. P/NP M.880	BIL \ BCL	Q	081	AEFL
					1 st \ 24 ore	Q	101	ADEFL
					1 st \ 2 ore	L	101	ABDEFIL
3	Quota (J-7) 27,3 mm ± 0,1 (Misurata su L2=0)	IFF	ISTRUZIONE OPER. 020/17	TAMP. P/NP M.881	BIL \ BCL	Q	081	AEFL
					1 st \ 24 ore	Q	101	ADEFL
					1 st \ 2 ore	L	101	ABDEFIL
4	Quota (I-15) 11,8 mm +0,2/-0,05	FF	ISTRUZIONE OPER. 020/17	DMA M.901NP	BIL \ BCL	Q	081	AEFL
					1 st \ 24 ore	Q	101	ADEFL

Figura 13. Scheda metodi di Collaudo – Tipologie

Tra tutti i controlli da eseguire sul pezzo è possibile notare, dalla *Figura 13*, frequenti tipi di collaudo con relativa strumentazione: si tratta principalmente di quote che, se riferite a figure diametrali, sono da verificare per mezzo di un tampone; talvolta per quote non circolari si preferisce l'uso di dime⁷; talvolta è richiesto l'utilizzo del calibro⁸ o del comparatore⁹.

Nei collaudi, però, non ci si riferisce sempre a quote da misurare o confrontare con apparecchiature in fornitura, talvolta è richiesto il controllo visivo per comparazione del pezzo da confrontare con la figura presente sulla scheda, e con le immagini presenti nell'atlante dei difetti, reperibile a bordo della pressa. Talvolta è richiesta la bilancia per verificare la conformità del peso del pezzo.

17	Assenza deformazione, bave e incompletezze (vedi istr. Operativa dedicata)	-	ATLANTE DIF.	VISIVO PER COMPARAZ.	BIL \ BCL	Q	081	AEFIL
					1 st \ 24 ore	Q	101	ABDEFIL
					1 st \ 2 ore	L	101	ABDEFIL
18	Verifica corretto utilizzo materiale : PP FV30% STAMAX 30YM240 Cod. 680290	-	E1064284	visivo	BIL \ BCL	Q	081	AE
					1 st \ 24 ore	Q	101	AEL
19	Peso	-	TABELLA PESI	BILANCIA	BIL	Q	081	AEF
20	Verifica corretta registrazione sk ok demarrage	-	081	visivo	BIL	Q	081	AEFL

Figura 14. Scheda metodi di Collaudo - Altri controlli

⁷ Sagoma usata per calzare il pezzo e quindi controllare le dimensioni nella tracciatura o foratura di un prodotto plastico o metallico.

⁸ Strumento che serve per il controllo rapido delle dimensioni dei pezzi lavorati costituito da un'asta metallica graduata.

⁹ Strumento di comparazione usato per il controllo delle misure sui pezzi lavorati.

A valle di questo processo, vi sarà un addetto, incaricato di raccogliere questi dati per trasferirli sul gestionale, nel caso in esame, SIGIP. Percorrendo il reparto, con una postazione mobile, dotata di un computer portatile e una bilancia, l'addetto sarà in grado di informatizzare dati utili e raccoglierne altri. L'operatore ha il compito di pesare ogni singolo pezzo campionato, con una bilancia di precisione a triplo decimale (3 cifre dopo la virgola). Ottenuto il peso del prodotto, lo inserirà su una carta di Controllo X-R, presente sul computer portatile, relativa a quel preciso codice oggetto. Ne verificherà quindi lo stato, se in controllo o meno, ed in caso di anomalia, si recherà dal responsabile di reparto affinché prenda una decisione in proposito.

Il computer portatile è indispensabile, oltre che per riempire la carta di controllo, anche per inserire i dati su SIGIP, per essere elaborati. Infatti l'incaricato, inserirà l'avanzamento produzione, il responsabile, e tutte le informazioni deducibili dalla scheda di produzione.

Inoltre, laddove si riconosca un'anomalia nuova, l'addetto si premurerà di scattarne una foto per inserirla, in prima battuta nel sistema gestionale, e, in seguito, nell'atlante difetti, posto a bordo macchina.

Tutti questi dati saranno quindi inseriti nel gestionale, SIGIP, al termine della giornata produttiva e quindi visualizzati con un ritardo di almeno un giorno.

A bordo macchina sono inseriti dei contenitori, nel quale i pezzi prodotti, presunti conformi, scivoleranno automaticamente. I pezzi saranno poi spostati in scatoloni, definiti imballi, che verranno riempiti e pesati su delle apposite bilance in modo da conoscere la quantità di pezzi presenti all'interno. Il numero di pezzi sarà inserito sul gestionale in modo da stampare il programma di produzione, da incollare sulla scatola una volta sigillata con del nastro adesivo, di cui è rappresentato un esempio in *Figura 15*.

Programma Produzione							Settimana: 2017 43		
Macchina 28									
Codice	Disegno	Nr operai	Imballo	Quantità da produrre	Rompilotto	Nr figure	Velocità pressa (sec)	Velocità pressa (c/m)	Stampi disponibili
2508961503	25.0896.15.03	2,00	1060	100000	336	8	40,00	1	M.0916 M.1009 S.849
Lunedì	TERMINALE A 4 POLI COSTAMPATO								
		2002581502	NASTRO X TERMINALE A 4 POLI						100000,0 NR
		680220	CRASTIN S600 F10 BK851 (PBT HB BLACK)						150,0 KG
Macchina 29									
Codice	Disegno	Nr operai	Imballo	Quantità da produrre	Rompilotto	Nr figure	Velocità pressa (sec)	Velocità pressa (c/m)	Stampi disponibili
2301380007	23.0138.00.07	1,00	7582	10000	400	1	40,00	1	M.1051 S.1215
Lunedì	ROCCHETTO C SAMPLE								
		28.0294.00.02	TERMINALI						10000,0 NR
		680186	ULTRADUR.B4300 G6 (PBT GF30 HB BLACK 5110)						98,0 KG

Figura 15. Esempio di Programma di Produzione

Esso conterrà tutte le informazioni utili a risalire alla pressa, al responsabile, all'operatore che ha lavorato su quella macchina a quell'ora, con un margine di errore limitatissimo. Tutte queste informazioni oltre che essere scritte per esteso, sono racchiuse nel codice a barre presente sulla pressa.

Sull'imballo sarà quindi visibile:

- la pressa su cui è stato lavorato il pezzo;
- il codice del prodotto, che identifica il pezzo prodotto sulla base di tipologia e caratteristiche, e la scheda parametri macchina relativa a quello specifico output;
- il codice che identifica il disegno del prodotto, fornito dal cliente, con le caratteristiche tecniche che esso deve rispettare;
- il numero di addetti che hanno effettuato controlli sul pezzo e lavorato a bordo della pressa;
- il numero di imballo univocamente determinato;
- la quantità totale da produrre di quel componente, ossia il totale della commessa da consegnare o il totale pianificato per il magazzino;
- la quantità effettivamente contenuta nell'imballo, calcolata grazie al peso dello stesso;
- il numero delle figure presenti, ossia quante parti distinte del pezzo sono contenute nell'imballo (per conoscere il numero di prodotti compresi di tutte le componenti che ne fanno parte, si può dividere il numero di pezzi contenuti nell'imballo per il numero di figure);
- la velocità alla quale ha lavorato la pressa;
- gli stampi disponibili per quel prodotto;
- il peso di tutto l'imballo, misurato a valle del processo;
- la settimana dell'anno e il giorno della settimana.

Grazie all'utilizzo dell'imballo, è possibile risalire a diverse informazioni, utili ad esempio in presenza di un reclamo. Accade di ricevere un reclamo da parte di un cliente, che restituirà il lotto di materiale consegnato; il danno arrecato in termini economici da questo errore nella produzione, dipende da diversi fattori.

Il costo sostenuto per la produzione del lotto, è un costo affondato, non recuperabile, perché verrà interamente restituito al mittente, che richiederà di produrre una nuova quantità di quel pezzo.

Inoltre saranno impiegate delle risorse per il controllo quantità del lotto restituito per effettuare una verifica a tappeto della produzione con lo scopo di recuperare un quantitativo di pezzi conformi.

Grazie al programma di produzione, si può risalire alla pressa che ha generato l'errore, visualizzare i parametri macchina, se e quando sono stati modificati e da chi.

Sul documentale, ogni modifica è registrata e archiviata, quindi è possibile visionare l'ultimo cambiamento effettuato, prima della produzione di quell'imballo.

Inoltre, si può risalire al responsabile di reparto in quella data e chi stava lavorando a bordo pressa in quell'arco di tempo, ovvero chi ha effettuato il controllo qualità.

A tale scopo, esiste un magazzino apposito per documentazioni cartacee suddivise in per mesi, archiviate in ordine temporale negli scaffali in dotazione. L'incaricato

preleva il fascicolo contenente i programmi di produzione relativi alla data in cui è stata effettuata la produzione e a quelle subito precedenti e successive.

Accertata la data e la pressa coinvolte nel reclamo, è possibile quindi esaminare ulteriori lotti precedenti e seguenti la data in esame, se ancora in magazzino, o ritirarli dal mercato in caso di grave difettosità; queste operazioni comportano ulteriori costi da considerare.

Inoltre, a bordo pressa è richiesta la compilazione di un ulteriore documento, denominato *démarrage* (dal francese, significa avvio), da compilare per ogni avvio di produzione.

La sua struttura varia a seconda che sia relativo al reparto di stampaggio o di tranciatura, visibile rispettivamente in *Allegato 4* e *Allegato 5*.

Per quanto riguarda la compilazione della prima parte del documento, si richiede di inserire generiche informazioni sulle condizioni della postazione di lavoro e sulle competenze del personale a cui è stato assegnato quel lavoro, quindi, tra i due reparti, le differenze sono minime. In *Figura 16* è visibile la sezione dedicata allo stampaggio, focalizzata su dettagli unici del reparto riguardanti la materia prima utilizzata, ossia la

		OK AVVIO PRODUZIONE OK Démarrage de Production					Revisions Revisions		Ind		
	Moule n°	0,00		PRESSE	0	Produit			0		
	REF CLIENT	0		REF MISTA	0	Avvio Produzione Démarrage Produit	Avvio Produzione Démarrage Produit	Avvio Produzione Démarrage Produit	Avvio Produzione Démarrage Produit	Avvio Produzione Démarrage Produit	
		OPERAZIONE DA EFFETTUARE OPERATIONS A FAIRE					DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
							ORA	ORA	ORA	ORA	ORA
							Heure:	Heure:	Heure:	Heure:	Heure:
MI	x	L'operatore è qualificato? <i>L'opérateur est qualifié?</i>					P	Q			
	x	Sono presenti tutti i documenti necessari a bordo macchina (scheda stampaggio, disegno, scheda metodi di collaudo, bil precedente e sip) e i calibri di controllo riportati nella scheda metodi di collaudo? Sono in corso di validità i calibri? (la data di controllo deve essere ≤ alla data riportata nel bollino verde) <i>Les documents nécessaires a bord de machine sont disponibles. Sono presenti tutti i documenti necessari a bordo macchina (Fiche parametre, plan, scheda Methode de contrôle, bil precedente) et les gabarits de la scheda methide de controle?</i>					P	Q			
	x	I documenti e i pezzi delle lavorazioni precedenti sono stati tolti dalla pressa? - E' nota la quantità del lotto da produrre? <i>Les documents et les pièces des anciennes productions sont enlevés de la presse? - La quantité du lot à produire est connu?</i>					P				
ES	x	L'area di lavoro è pulita e ordinata? <i>Le poste de travail est rangé et nettoyé?</i>					P				
	x	Sono puliti il gruppo di plastificazione, l'aspirazione, il mulino e il forno? <i>Le groupe de plastification, d'aspiration le tremi et le four sont nettoyés?</i>					P				
	x	Verificare la conformità del circuito di raffreddamento secondo la scheda dello stampo. Verificare apertura acqua e relativo passaggio. <i>Vérifier la conformité de circuit de refroidissement selon le schéma mentionner sur le moule</i>					P				
	x	La resina nel forno e nella tramoggia è uguale alla scheda parametri? La temperatura e il tempo di essiccazione sono uguali a quelli della scheda parametri? <i>La résine dans le four et le tremi sont les memes reportés dans la fiche parametre? La temperature et le temps d'étuvage sont identique a celles reporté dans la fiche parametre?</i>					P				

Figura 16. Démarrage per stampaggio - Particolare 1

tipologia di resina plastica.

Per quanto riguarda la tranciatura, la prima sezione si caratterizza, come in *Figura 17*, di domande relative a caratteristiche generiche della postazione e relative alla materia prima utilizzata in reparto, che in questo caso è costituita da nastro e argento.


		OK AVVIO PRODUZIONE					Rev. 0	Ind 1
		STAMPO N.	PRESSA	CODICE	DESCRIZIONE	CLIENTE	POSIZIONE ARCHIVIO	
		0	0	0	0	0		
Avviamento Manutenzione Verifica linea	OPERAZIONE DA EFFETTUARE					PRODUZIONE N.1	PRODUZIONE N.2	PRODUZIONE N.3
						DATA	DATA	DATA
						ORA	ORA	ORA
x	I documenti e i pezzi delle lavorazioni precedenti sono stati tolti dalla pressa? - E' nota la quantità del lotto da produrre?							
x	L'area di lavoro è pulita e ordinata?							
x	Dove previsto il sistema Brankamp, la barriera a fotocellula e il micro pilota sono collegati e attivi? Sono stati verificati?							
x	Sono presenti tutti i documenti necessari a bordo macchina (scheda parametri macchina, disegno, scheda metodi di collaudo, ok avvio produzione, programma di produzione, atlante difetti)? Sono presenti gli strumenti di misura previsti dalla Scheda Metodi di Collaudo?							
x	La materia prima (nastro e argento) e la velocità' (c/m) corrisponde al programma di produzione?							
x	E' presente e utilizzata la cassetta rossa durante l'avvio della pressa? Togliere solo dopo consegna primi pezzi buoni a qualità							

Figura 17. Démarrage per tranciatura - Particolare 1

Procedendo nell'analisi dei documenti, viene richiesto all'operatore di inserire i parametri macchina necessari per la produzione di quello specifico pezzo: tali parametri andranno impostati, manualmente, in fase di *setup* della pressa e riportati fedelmente sul foglio di avvio produzione; il foglio dovrà essere firmato sia dal responsabile di reparto che dal responsabile di qualità perché si possa avviare la produzione.

L'operazione di *set-up*, però non si conclude con la compilazione del *démarrage*, sia per quanto riguarda il reparto di tranciatura che per lo stampaggio, ma richiede la presenza dell'operatore fino alla totale definizione di conformità del pezzo. Vi saranno una serie di scarti o di stampate difettose e, fino a quel momento, la produzione non sarà ufficialmente avviata.

Per attestare la veridicità di tale documentazione, affinché si abbia la certezza che ciò che è scritto su carta coincide con ciò che sta eseguendo la pressa, viene eseguito in azienda un *Flash-audit*: il momento in cui avverrà e dove questo avverrà non è noto a chi lavora in reparto. Esso consiste in una sorta di blitz del responsabile dei sistemi informativi, che confronterà i parametri impostati sulla macchina con quelli scritti sul foglio d'avvio; inoltre, si occuperà di confermare che quei parametri, con i quali è stata settata la pressa, corrispondano a quelli richiesti in precedenza dal cliente per la produzione di quell'elemento e, qualora non si riscontrasse una corrispondenza, verrebbero interpellati, in ordine di responsabilità, capo reparto e addetto alla qualità, per giustificare la divergenza con le direttive del cliente. Infine, viene controllata la postazione, perché sia garantita la veridicità delle informazioni sulla stessa, trascritte.

Le schede che contengono informazioni riguardanti i parametri macchina, sono memorizzate nel Documentale (DM), e sono poi stampate perché possano essere visionate durante l'avvio di produzione, dall'operatore che lo esegue.

Esse restano memorizzate nel documentale nonostante eventuali modifiche apportate nel corso del tempo, in modo che l'originale sia sempre reperibile. Essendo il cliente ad inviare il documento, è conveniente mantenerlo invariato nel tempo per tutela dello stesso e dell'azienda.

Le modifiche sui parametri alle volte sono effettuate per raggiungere al meglio lo scopo, perché ogni pressa può aver bisogno di impostazioni diverse da un'altra per la produzione di un determinato stampo piuttosto che un altro. Si tratta di flessibilità e allo stesso tempo precauzione: un operaio è libero di effettuare modifiche con il consenso del capoturno, e con la firma dello stesso, purché queste siano finalizzate a migliorare la produzione e/o il prodotto; allo stesso tempo non si perde traccia del documento così com'era stato consegnato.

Nella scheda di stampaggio, *Allegato 6*, identificata univocamente dal codice del pezzo, sono racchiuse tutte le informazioni utili alla produzione di quel componente termoplastico.

In particolare, vi sono sezioni dedicate alla tracciabilità del pezzo; sono infatti richiesti, come visibile in *Figura 18*: codice che identifica il pezzo, il codice del disegno, il codice della materia prima da utilizzare, la descrizione, il numero di figure, il codice della pressa e l'identificativo dello stampo.

Sono apposte sezioni dedicate alle caratteristiche tecniche dello stampo, perché l'output sia conforme, tra queste il diametro del foro, l'apertura e la chiusura dello

MATERIALE										DESCRIZIONE / Description									
CODICE/Code:										TEMPERATURE / Temperature :									
Dati Stampo										Maschi									
Identificazione										Tiroir ou									
N° figure										n°									
%										termoregolatori									
Estrazione/ EJECTION										Temperatura/Temperature									
Sicurezza di Estrazione										Temperatura/Temperature									
Velocità										Potenza									
Andata										kW									
Ritorno										SEC									
Ugello										mm									
Dati PRESSA										Temperatura/Temperature									
Manipolatore										Temperatura/Temperature									
MATERIALE										DESCRIZIONE / Description									
CODICE/Code:										TEMPERATURE / Temperature :									
Dati Stampo										Maschi									
Identificazione										Tiroir ou									
N° figure										n°									
%										termoregolatori									
Estrazione/ EJECTION										Temperatura/Temperature									
Sicurezza di Estrazione										Temperatura/Temperature									
Velocità										Potenza									
Andata										kW									
Ritorno										SEC									
Ugello										mm									
Dati PRESSA										Temperatura/Temperature									
Manipolatore										Temperatura/Temperature									

Figura 18. Scheda stampaggio - Particolare 1

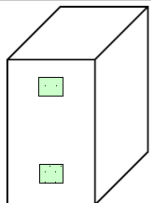
stampo, dettagli sulla parte mobile e su quella fissa.

Come prevedibile, vi è una sezione dedicata ai parametri macchina, ossia pressione, temperatura, potenza e velocità di estrazione, o di rotazione della vite; laddove necessario, inoltre, è possibile inserire note aggiuntive. Vi sono, quindi, innumerevoli parametri di cui tener conto; in particolare, i valori che li caratterizzano sono vincolati in un intervallo predefinito, entro il quale non sono considerati allarmanti. Si tratta della cosiddetta tolleranza, in *Figura 19*, sono visibili di pressione, temperatura e tempo, rispettivamente di $\pm 10\%$, $\pm 10^\circ$, ± 1 secondo. Come tutti i parametri presenti sul documento, anche i range di tolleranza sono definiti dal cliente.

Temp. Cilindro T° CYLINDRE		Tempi TEMPS (sec)		Iniezione INJECTION:			Pressione reale Pression injection (bar)		bar		Dosaggio/Volume Dosage		cm ³
8 ^a Zona	°C	Dosaggio Dosage		1	2	3	POST-Pressione		PRESSION DE MAINTIEN		Velocità rotazione vite/Vitesse Rotation Vis		m/min
7 ^a Zona	°C	Iniezione Injection		Portata Débit			Pressione/Pression		Tempo/Temps		Contropressione/Contropression		bar
6 ^a Zona	°C	Raffreddamento Refroidissement		Pressione Pression			1	bar	1	sec	Risucchio/Décompression		ccm
5 ^a Zona	°C	Qualità / Qualité	tol.	Pressione Pression			2	bar	2	sec	Peso Figura/Poid Empreinte		gr
4 ^a Zona	°C	P. iniez. (bar) P. injection		Stadio Palier			3	bar	3	sec	Peso matarozza/Poid de carotte		gr
3 ^a Zona	°C	P. comm. (bar) P. commutation		Cuscino/ Matelas			Cadauta pressione Point de commutation		Pressione max di commutazione Pression max de commutation		Fabb. Resina a turno/Besoin résine /équipe		#DIV/0!
2 ^a Zona	°C	L. iniez. (s) L. injection		salva stampo écumé moule			Portata di Post-pressione Débit de maintien						ccm/s
1 ^a Zona	°C	L. dose (s) L. dosage		corsa (mm) Course			Reale Reel (s) :		tol.		FORNO CONSIGLIATO		#DIV/0! Kg
Ugello Buse	°C	L. ciclo (s) L. cycle		cuscinio (ccm) matelas			salva stampo standard écumé moule standard		standard				
		Caduta pressione(ccm) Point de commutation		salva stampo 2° step écumé moule 2° palier			salva stampo 3° step écumé moule 3° palier						

NOTE :

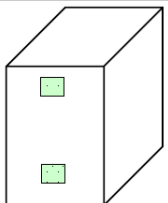
MOBILE



T° REALE °C

Tolleranza di Tempo
Tol général sur le temps: ± 1 sec

FISSA



Identificazione parametri di controllo
Identification paramètre qualité

Tolleranza Pressione
Tol sur la pression: ± 10 %

Tolleranza temperature
Tol général sur la temperature: ± 10 °C

TRACORRIZIONE	Resp. Appro / Resp. Approbaton	Resp. validazione / Resp. validation	Data / Date		

Revisione/Revision: _____

Mod. 048.05
Rev del 29/08/11

Figura 19. Scheda stampaggio - Particolare 2

Per quanto riguarda il reparto tranciatura, *Allegato 7*, il discorso non cambia. Si tratta, infatti, di una scheda nella quale vengono riportati i valori di parametri macchina, stampo, e codice, per identificare prodotto e lavorazione a cui dovrà essere sottoposto, e sul quale sono definite le condizioni dello stampo e della macchina, richieste. Non vanno riempiti tutti gli spazi, ma solo quelli relativi agli strumenti necessari all'operazione di tranciatura per quell'oggetto.

Cliente : DANFOSS
Denominazione : CONTACT SPRING

Macchina : Linea 6 **Stampo** : M.0374
Codice : 077B9555

1° Pressa – Pressa singola	
Posizione stampo :	Passo stampo : 26.5
Lubrificante : MOBIL CUT 242	Eccentrico :
Piastra coda rond. :	*Spess. superiore :
Parallele : 80	Posizione corsa : 24

2° Pressa	
Parallele :	Passo stampo :
Lubrificante :	Piastra avanz. :
Posizione corsa :	*Spess. superiore :

Schlatter 1	
O filo molla :	Periodi saldatura :
Mat. Elettrodo :	Diametro pinza :
*H. tronchetto Ag :	*H. Ag coniato :
Dimensione Piloti :	Sotto coniatore :
Corrente grossa :	Fine : % :
Coniatore :	Posizione piloti :
*Passo saldatrice :	Camme :
Diam. Filo Ag :	Nr. Programma :

Schlatter 2	
O filo molla :	Periodi saldat. :
Mat. Elettrodo :	Diametro pinza :
*H. tronchetto Ag :	*H. Ag coniato :
Dim. Piloti :	Sotto coniatore :
Corrente grossa :	Fine : % :
Coniatore :	Posizione piloti :
*Passo saldatrice :	Camme :
Diam. Filo Ag :	Nr. Programma :

Per pinze minori o uguali a \varnothing 1mm usare porta pinza 10°

Per pinze maggiori o uguali a \varnothing 1.2mm usare porta pinza 8°

Figura 20. Scheda parametri Tranciatura

Perché gli operatori conoscano i propri turni, la schedulazione eseguita da SIGIP viene trasferita su carta, in particolare, su lavagna a fogli mobili e resa visibile a tutti per conoscere su quali presse dovranno lavorare.

Inoltre, un file consultabile e aggiornato, presente sul documentale, è la Matrice di Polivalenza, di cui è riportata una parte in *Figura 21*, ossia una tabella sulla quale sono rappresentate le competenze del personale operativo. Ogni riga corrisponde ad un addetto ed ogni colonna ad una pressa. Ci sono 4 livelli di competenza che può


						
Cognome Nome	Matricola	Ruolo	STAMPAGGIO PRESSE IN MANUALE (TERMINALE 4 POLI Cod. 2508961504)	STAMPAGGIO PRESSE IN MANUALE (ROCCHETTO ELTEK Cod.2301450004 e Cod. 2301380007)	STAMPAGGIO PRESSE IN MANUALE (HALMO 10 Cod. 68S000083)	STAMPAGGIO PRESSE IN MANUALE (DOMINO Cod. 0295DB40 e cod. 0300DB40)
		Operatore/rice	■	■	■	■
		Operatore/rice		■	■	
		Operatore/rice	■	■		

Figura 21. Matrice Polivalenza - Operatori/Presse

sviluppare un operatore e una legenda, in *Figura 22*, che ne rende semplice la comprensione.




POLIVALENZA		
Livello 1:	In addestramento	
Livello 2:	In grado di lavorare senza assistenza	
Livello 3:	In grado di lavorare e fare autocontrollo gestendo le problematiche pressa (riawi dopo allarmi)	
Livello 4:	In grado di addestrare	

Figura 22. Matrice Polivalenza - Legenda

È noto quindi a priori ciò che un operatore può o non può fare, e risulta indispensabile la firma sul foglio di produzione, affinché sia possibile associare ad essa una responsabilità. Non tutti possono eseguire tutte le operazioni necessarie, e, conoscere e condividere questo vincolo, è utile per la crescita personale, essendo l'addetto affiancato se necessario, nonché per il monitoraggio delle attività in reparto.

Questa matrice è esposta in entrambi i reparti, di stampaggio e tranciatura, perché tutti possano essere aggiornati sul livello proprio e dei colleghi.

Per fronteggiare problemi riscontrabili durante il processo produttivo, si utilizza un metodo semplice ed efficace, per entrambi i reparti, ossia il metodo PDCA, che per esteso si traduce in Plan Do Check Act. La metodologia consta di 4 fasi a seguito della rilevazione di un problema la pianificazione della risoluzione (Plan), l'implementazione della soluzione trovata (Do), la verifica della corretta esecuzione (Check) ed infine la standardizzazione dell'azione svolta (Act).

La strategia utilizzata da Mista consiste nella compilazione di una matrice su una lavagna a fogli mobili visibile a tutti gli addetti nella quale sarà inserito per ogni riga quale complicazione si è verificata, e, per colonna, chi e quando dovrà risolverla (Plan), come dovrà agire per risolverla (Do), se è stata risolta (Check); infine verrà presa nota del problema e della relativa soluzione (Act).

Ciclo di Informazioni

Nel documentale sono presenti le “ricette” dei pezzi, ossia le schede dei parametri da impostare per la produzione di quell’output, sia per il reparto stampaggio che per il reparto tranciatura, che, come precisato precedentemente, se modificati generano un nuovo file, piuttosto che aggiornare l’originale. Queste ricette, che identificano univocamente un pezzo da produrre, vengono stampate e poste a bordo pressa nel momento in cui si deciderà di far partire quella lavorazione, come stabilito dal gestionale, nel caso in esame SIGIP.

Quindi la scheda dei parametri viene posizionata a bordo pressa, mentre già presente vi è il documento di avvio (*démarrage*), che dovrà essere compilato in fase di set-up da chi di competenza. Questo documento verrà revisionato solamente in caso di *Flash-audit*, altrimenti sarà direttamente archiviato nell’apposita area.

Durante la produzione, viene compilato il foglio di produzione, i cui dati verranno raccolti solo a fine giornata, per essere inseriti nel sistema gestionale.

La tabella relativa al metodo PDCA è sempre presente in entrambi i reparti, senza ridondanze di problematiche, ma esclusive del reparto in cui è posizionata e viene compilata volta per volta laddove necessario; essa non interagirà in alcun modo con il sistema informativo.

La matrice delle competenze viene aggiornata sul documentale e stampata per entrambi i reparti ogni qualvolta si riscontra un avanzamento di livello; essa deve essere necessariamente inserita sul gestionale per l’assegnazione delle risorse, che saranno rappresentate su una tabella in reparto su lavagna a fogli mobili.

Sommariamente è chiaro che la circolazione della carta è il fulcro nel ciclo delle informazioni; inoltre gli operai hanno ormai acquisito conoscenze adeguate all’esecuzione delle attività, svolgono numerose mansioni automaticamente e il cambiamento potrebbe non essere semplice per loro. Questo sistema, però, è carente in efficienza: oltre ad essere soggetto ad errori umani, c’è un evidente ritardo nel trasferimento dei dati, ed è quindi necessario rinnovarsi, essendo indispensabile la precisione e la flessibilità (intesa anche come velocità di adattarsi al cambiamento) per restare competitivi sul mercato.

3.3 MISTA domani

Mista definisce gli obiettivi nella consapevolezza dell’esistente opportunità di interazione tra le macchine, che consentirebbe di minimizzare ritardi sul flusso di informazioni, errori ed intervento umano. Obiettivo, che racchiude molti aspetti positivi dell’innovarsi, è la digitalizzazione dei documenti cartacei descritti nel paragrafo precedente.

I requisiti individuati, sono suddivisi in diversi livelli: ciò che è necessariamente richiesto, basilare affinché sia conveniente acquistare il software, ciò che aggiunge un valore al prodotto fornito e ciò che potrebbe non essere implementato nell'immediato, ma da non precludere per un futuro prossimo.

È stato, quindi, definito un primo livello *basic* nel quale l'obiettivo è la digitalizzazione del tempo di produzione. Con ciò si intende che si vuole conoscere l'avanzamento produzione di una pressa, in tempo reale, senza che circoli della carta. È chiaro che, affinché i dati siano veritieri, è necessario l'intervento di un operatore e quindi un campionamento per il controllo qualità da bordo pressa. Tra i *requirements* sarà, quindi, inclusa la necessità di semplicità che dovrà avere l'interfaccia del sistema, oltre che sull'effettivo funzionamento del sistema, perché l'operatore dovrà inserire i dati. Egli dovrà intuirne il funzionamento senza ricorrere ad innumerevoli corsi di formazione, tenendo in considerazione il fatto che molte tra le persone che lavorano in reparto, ad oggi non dispongono di un computer.

Quindi, l'interfaccia del dispositivo a bordo pressa che permetterà all'addetto di inviare dati di produzione in tempo reale al sistema MES e quindi al gestionale, non è trascurabile. Oltre al dato numerico, è importante conoscere il motivo per cui un dato pezzo risulta essere difettoso: ciò significa che oltre a calcolare l'avanzamento reale della produzione, l'operatore dovrà fornire dettagli specifici sulla difettosità riscontrata, affinché si possa conservare ed utilizzare in un secondo momento, l'informazione ottenuta. Inoltre, senza l'intervento dell'uomo, si richiede che la macchina sia collegata in modo tale da poter autonomamente calcolare l'avanzamento di produzione ed inviare il numero al gestionale e che poi questo numero possa essere corretto da chi è in reparto ed esegue ulteriori controlli sul pezzo. Ciò significa inviare anche dati su: tempo ciclo (quanto tempo impiega la pressa ad eseguire un ciclo di produzione) e tempo in cui la pressa sta lavorando.

Quest'ultima informazione, molto importante, si ricollega direttamente ad un ulteriore tipologia di requisito richiesto: se la macchina non sta lavorando, perché?

È necessario inserire la causale. Si tratta di segnali automatici da inviare al MES, che possono rivelarsi riduttivi, ossia limitati all'indicazione che la pressa sta lavorando oppure no, o molto più dettagliati perché la macchina lo consente. Tutto dipenderà dai valori che possono essere esportati dalla pressa, in particolare dai Plc¹⁰ di cui essa dispone. Laddove esista un limite, si rende necessario coinvolgere l'operatore di linea: egli sarà incaricato di inserire, tramite un dispositivo a bordo pressa, le informazioni relative all'interruzione del funzionamento della pressa. La distinzione tra un allarme macchina e un'interruzione programmata, è fondamentale per conoscere l'andamento della produzione; inoltre, è utile sapere se il fermo è dovuto a mancanza di materie prime o cause di altra natura. Ciò che importa è che questi dati arrivino nel più breve tempo possibile.

È richiesto inoltre che si sappia per ogni turno chi sta lavorando a quale pressa, chi è il supervisore e chi effettua il controllo qualità. In particolare si vuol conoscere se chi dovrà

¹⁰ Controllore per industria specializzato in origine nella gestione o controllo dei processi industriali, eseguendo un programma ed elaborando i segnali digitali ed analogici provenienti da sensori e diretti agli attuatori presenti in un impianto industriale.

lavorare sulla pressa sta effettivamente lavorando lì ed ha le competenze (informazione reperibile dalla matrice di polivalenza) per farlo. A tale scopo, si potrebbe introdurre un sistema di sicurezza automatico che impedisca a chi non ne ha le capacità, di intervenire sulla macchina.

Inoltre, si vuole conoscere ogni dettaglio del pezzo che si sta implementando, per mezzo del codice, la pressa su cui sta lavorando, data e ora degli eventi, in modo che il programma di produzione sia in ogni istante noto.

Altro aspetto che ci si aspetta si possa calcolare automaticamente è identificato nei KPI¹¹ di processo, in particolare, l'indice OEE e il tempo al termine della produzione stimato.

L'indicatore OEE per esteso si traduce in “*Overall Equipment Effectiveness*”, si può suddividere in tre ulteriori indicatori: OEE = disponibilità x produttività x qualità.

$$OEE = \text{Disponibilità} * \text{Produttività} * \text{Qualità}$$

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{Tempo di marcia}}{\text{Tempo di produzione}}$$

$$\text{Produttività} = \frac{\text{Pezzi prodotti}}{\text{Pezzi potenziali}}$$

$$\text{Qualità} = \frac{\text{Pezzi conformi}}{\text{Pezzi prodotti}}$$

Esso calcola l'efficacia del sistema produttivo, considerando i fattori chiave di un processo produttivo che risiedono nella qualità e nel rispetto dei tempi: quantifica l'impatto delle tre principali categorie di perdite produttive: setup e attrezzaggi, fermate non programmate (es. guasti, malfunzionamenti, microfermate), scarti e rilavorazioni.

Si richiede inoltre il calcolo del tempo rimasto alla conclusione della commessa: ciò significa conoscere in tempo reale, sulla base dello stato di avanzamento del lavoro, la stima al completamento; in tal modo si potrà sapere istantaneamente se ci sono ritardi, anticipi se si è in linea ed individuare eventuali criticità con l'opportunità di intervenire tempestivamente.

Ciò che si richiede al MES, è la lettura e il calcolo di questi indicatori con lo scopo di poter osservare in tempo reale, se il sistema funziona oppure no. È inoltre indispensabile poter osservare l'andamento degli indicatori, per rilevare problematiche o punti critici; quindi è richiesta la possibilità di estrapolare i dati e visualizzarli nella maniera più intuitiva, perché possano fornire un valore aggiunto, garantendo informazioni utili.

Quindi, ciò che è basilare affinché si possa implementare il sistema è conoscere in tempo reale:

¹¹ Sono indicatori chiave di un processo e si utilizzano per misurarne la validità e la bontà da vari punti di vista. Non esiste un insieme univoco di indici ma, per ciascuna prospettiva degli stakeholders che si vuole studiare, esistono i KPI corrispondenti.

- Se la macchina sta lavorando oppure no;
- Se la macchina non sta lavorando, perché;
- Quanto sta producendo;
- Se ci sono scarti, informazioni sul difetto trovato sugli scarti;
- Indicatori che rendono evidente la qualità dell'avanzamento di produzione;
- Indicatori che rilevino stimati ritardi;
- Chi sta lavorando su quella pressa;
- Se chi sta lavorando ha la qualifica per farlo.

Si richiede inoltre che sia possibile risalire ad informazioni su:

- Chi era responsabile di reparto quando si stava producendo quel pezzo;
- Chi era che controllava la qualità quando si stava producendo quel pezzo;
- Chi era a bordo pressa quando si stava producendo quel pezzo;
- Su quale pressa è stato prodotto quel pezzo.

A seguire si definiscono i requisiti non essenziali, ossia si richiede che la pressa comunichi con il MES e quindi con il gestionale, SIGIP. Si tratta della necessità di un sistema che sia in grado di ricevere informazioni dalla macchina e allo stesso tempo inviarne.

In particolare si ritiene necessario ricevere dalla pressa i valori dei parametri elencati nella "ricetta" (per quanto risulti possibile), in modo da monitorarli costantemente ed essere in grado di riconoscere andamenti anomali degli stessi, per intervenire prima del verificarsi di un allarme o di un qualsiasi altro problema ad essi legato. Si tratterebbe di una sorta di *Flash audit* continuativo laddove la tecnologia delle presse e delle strumentazioni del fornitore, lo consenta.

Si potrebbero ottenere quindi dati utili per individuare la manutenzione predittiva: ciò si richiede in particolare sulle macchine a controllo numerico presenti nel reparto di attrezzatura: le Heidenhain di cui tra i due modelli presenti in fabbrica, modello 530 e modello 630, soltanto quest'ultimo è predisposto a questa funzione: si ambisce a poter contare le stampate che effettua lo stampo a prescindere del cambio pressa. Ciò significa che, per quanto sia semplice contare le stampate di una macchina, tramite tempo ciclo ed ulteriori informazioni facilmente reperibili, per avere una misura precisa e, quindi, una vera e propria manutenzione predittiva (diversa dalla manutenzione preventiva che implica un controllo prestabilito dopo un certo lasso di tempo basandosi su prove meccaniche eseguite sul prodotto in fase di implementazione e su stima di utilizzo, conoscendo i dati del reparto) in grado di sommare le totali effettive stampate che uno stampo esegue, è necessario che le stampate già effettuate siano memorizzate. La manutenzione diventa predittiva, nel momento in cui si conosce un numero di stampate, a determinate condizioni, che genericamente causano quel difetto; non si tratta di una stima basata su quanto si pensa di produrre, ma di una vera e propria previsione basata su dati precisi.

Allo stesso tempo, si richiede che i parametri da remoto, dal sistema MES, possano essere inviati alla macchina perché vengano impostati automaticamente. Si tratta dei parametri che sono definiti sulla scheda di produzione, ossia la ricetta. Il sistema dovrà inviare i parametri

che la macchina dovrà leggere, settare e restituire al MES in grado di verificare la corrispondenza con quelli di partenze, affinché siano inclusi nell'intervallo di tolleranza.

Significherebbe, quindi, che, una volta montato lo stampo ed inserita la materia prima, si potrebbe avviare la macchina da un computer connesso tramite il MES alla stessa.

Perché questo sia possibile, è necessario che i produttori delle macchine in reparto siano coinvolti, per tradurre il linguaggio delle macchine da essi fornite, in un linguaggio universale, comprensibile agli specialisti dell'*Industry 4.0*.

I linguaggi ad oggi utilizzati sono Euromap 63, che verrà sostituito da Euromap 77, la cui versione Beta è disponibile da diversi mesi, e OPC-UA, un protocollo più vicino ad Euromap 77 di quanto non sia Euromap 63.

Questi protocolli di comunicazione consistono in una serie di regole che consentono alle macchine di comunicare dati con un linguaggio comprensibile ai più. La "traduzione" ovviamente ha un costo di cui bisogna tener conto.

Ad ogni modo, solo alcuni macchinari possono essere tradotti; quelli più datati, i cosiddetti "Old" dispongono di segnali elettrici tramite il quale il numero limitatissimo di dati che si recuperano dalla pressa vengono inviati al proprio Plc: non si tratta di un linguaggio e non è possibile tradurlo. Per ovviare al problema è nato un dispositivo I/O che "legge" l'informazione che passano questi segnali tramite collegamenti elettrici.

Essi passano il dato al MES che lo elabora e lo trasforma in informazione utile.

Quindi i requisiti "Advanced" che ci si aspetta possano essere soddisfatti dal MES sono:

- Invio parametri presenti sulla scheda di produzione dal gestionale alla pressa;
- Invio parametri per un monitoraggio continuo dalla pressa al gestionale;
- Manutenzione predittiva con l'utilizzo di *Big Data*;
- Controllo della stabilità di processo.

Infine, un obiettivo è la tracciabilità del materiale, con particolare attenzione al codice BEM che può cambiare per lo stesso lotto e appartenere a diversi lotti. Ciò significa che un pezzo per essere rintracciato dovrà essere identificato sia dal codice BEM sia da un codice che identifica il lotto.

All'implementazione di questo sistema non resta che associare un nuovo ciclo di informazioni visibile in *Figura 23*.

- Scheda parametri
- Livello dell'operatore

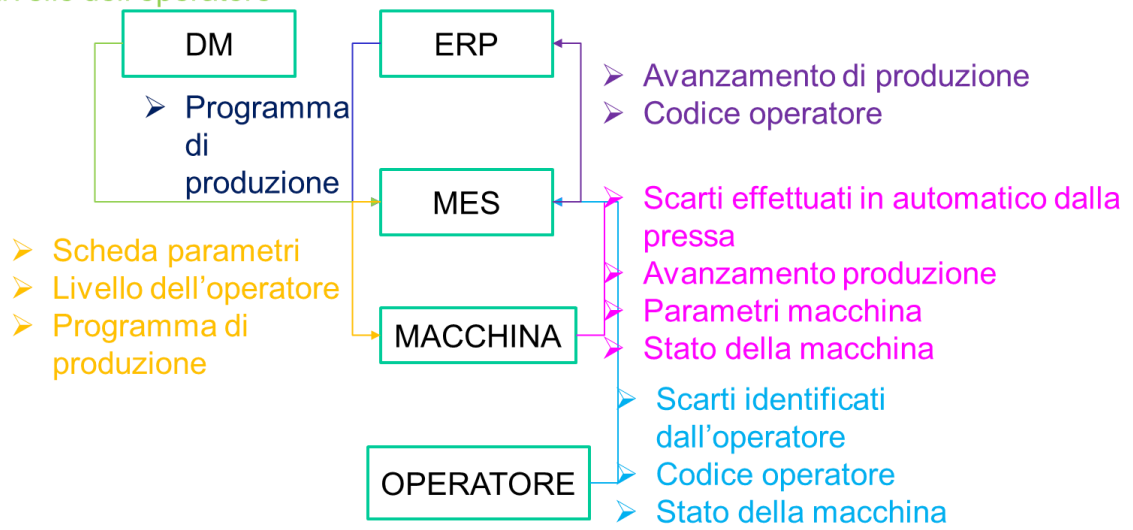


Figura 23. Flusso informazioni con il MES

4. SCELTA DEL FORNITORE

La scelta del fornitore si incentra su una sequenza di fasi come si può vedere in *Figura 24* che saranno descritte in seguito.

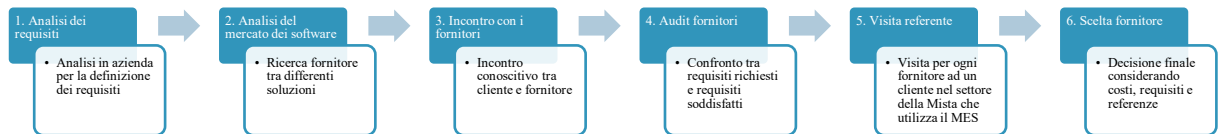


Figura 24. Fasi decisionali

Per la ricerca della soluzione, innanzitutto i requisiti/obiettivi individuati vanno suddivisi in due macrocategorie: requisiti funzionali e requisiti di interfaccia.

I requisiti funzionali riguardano il lato software del sistema, ossia le funzionalità e ed i servizi che esso è in grado di offrire. Si tratta in particolare della raccolta dati di produzione, attraverso un hardware installato sulla macchina, o un inserimento manuale degli stessi tramite *barcode*.

I requisiti di interfaccia consistono nell'accessibilità del sistema e l'usabilità dello stesso. Il soddisfacimento di tali requisiti consiste in una *user experience* che sia facilmente comprensibile e intuitiva nell'utilizzo.

È, quindi, necessario che il sistema sia corretto, completo e consistente. Ciò significa che il sistema dovrà adeguatamente rappresentare le funzioni di interesse per l'azienda, senza tralasciarne alcuna e senza incongruenze.

Definiti i requisiti principali del nuovo sistema informativo, affinché risponda alle esigenze dell'azienda, è necessario scegliere se acquistare o implementare il sistema: ossia se sfruttare risorse interne perché sviluppino il MES o acquistare una soluzione fornita da uno specialista del campo.

La decisione consta di una variante economica e una strategica. È necessario bilanciare budget e risorse da impiegare, ma allo stesso tempo tenere conto dell'obiettivo dell'azienda e su cosa ha bisogno di focalizzarsi.

Internalizzare lo sviluppo di un software è oggi impegnativo, difatti, per quanto in Tunisia sia stato sviluppato un dispositivo in grado di interconnettere alcune macchine, esso non risulta particolarmente competitivo sul mercato.

Sviluppare un software internamente, implicherebbe un costo fisso molto elevato per l'acquisizione delle competenze necessarie, oltre a richiedere tempo e disponibilità di risorse destinate ad altri lavori. In seguito a questa analisi, si è quindi ritenuto necessario cercare soluzioni fornite da società competenti, spaziando tra diverse possibilità:

- Soluzioni proprietarie dei costruttori di macchine/impianti. Da un lato si tratterebbe di avere a che fare con fornitori già noti, quindi di fiducia, che conoscono l'azienda, l'aspetto che però potrebbe risultare negativo è che il MES non coincide con il *core business* aziendale, e quindi il prodotto potrebbe non soddisfare a pieno le esigenze del cliente.
- Soluzioni del fornitore dell'ERP. Allo stesso modo il fornitore di ERP, potrebbe con molta semplicità creare un ponte di comunicazione tra MES e SIGIP, senza però essere specializzato nell'implementazione del sistema informativo, e quindi fornendo un prodotto che rischia di non essere competitivo.
- Produttori MES. Dispongono di prototipi funzionanti e quindi sono in grado di fornire un servizio e un prodotto che possa soddisfare i requisiti dell'azienda, ma non conoscono l'azienda, e potrebbero riscontrare problemi nella customizzazione del loro sistema.
- Soluzioni sviluppate da aziende manifatturiere. Si tratta di sistemi sviluppati da parte di chi ha elevata competenza nel settore manifatturiero, ma poca in quello informatico e nello sviluppo di software. C'è il rischio della presenza di *bug* nel sistema per quanto, la conoscenza del settore specifico di stampaggio e tranciatura, potrebbe rendere appetibile la scelta.
- Produttori di interfaccia tra macchine (Plc, controllori numerici). Si potrebbero inoltre prendere in considerazione aziende che producono plc e controllori numerici, che hanno quindi un importantissimo *know how* di tecnologie per una perfetta comunicazione tra macchine e MES, per quanto quest'ultimo potrebbe non rientrare nello *scope* del fornitore e quindi essere soggetto ad imperfezioni o carenze.

La selezione è stata implementata seguendo diverse fasi.

Una volta definiti i requisiti è iniziata una ricerca tra i fornitori, per il perfezionamento dei requisiti. Questa ricerca online è stata quindi finalizzata *in primis* a scoprire come il mercato funzionava, cosa offrivano i fornitori, e cosa avevano implementato altre aziende simili a Mista, *in secundis* a perfezionare i requisiti, in modo da poter porre le giuste domande a chi di competenza.

A questo punto, è stato possibile selezionare alcuni fornitori sulla base di referenze, offerta così come presentata sul sito ufficiale, ubicazione geografica, numero di installazioni, esperienza nel settore, sia della Mista che del mercato di software, ed anni di attività.

A coloro che sono stati selezionati sulla base dei precedenti criteri, a seguito di un contatto telefonico, è stata inviata apposita documentazione con identificate le caratteristiche al tempo presente dell'azienda e i requisiti che si chiedeva di soddisfare tramite l'installazione del MES, ed è stato richiesto un incontro per un confronto diretto con lo scopo di conoscere il prodotto offerto ed eventuali chiarimenti.

L'incontro aveva lo scopo di riempire la matrice dei requisiti tramite un colloquio. Le righe della matrice sono:

- Sapere in tempo reale se la macchina sta lavorando o no e quanto tempo
- Se la macchina è ferma conoscere la motivazione dell'arresto:
 - set up
 - stato di allarme
 - mancanza MP
 - fermo programmato
 - fermo non programmato
- Numero di pezzi buoni e di difettosi contati in allarme o dagli operatori di linea
- Tipologia di difetto identificato
- Interfaccia *User-friendly*
- Interfaccia personalizzabile
- Conoscenza delle responsabilità:
 - operatore di linea se qualificato
 - capo reparto
 - responsabile della qualità
- Tracciabilità delle responsabilità di produzione:
 - codice pressa
 - data e ora di produzione
 - codice pezzo
- Calcolo KPI:
 - OEE
 - Tempo rimasto al termine della produzione
- Programmazione parametri macchina dal MES
- Acquisizione parametri macchina per la produzione del pezzo dalla pressa al MES per confronto con quelli di partenza e allarmi
- Utilizzo di Big data allo scopo di:
 - monitorare il miglioramento della qualità della produzione
 - migliorare le performance di processo
- Registrazione controlli qualità
- Tracciabilità MP
- Raccolta informazioni stato stampi in attrezzatura
- Multilingua
- Disponibilità schedatore
- Flessibilità nello sviluppo del software
- Completezza sistema preesistente
- Esperienza nel settore
- Hardware non proprietario
- Acquisto licenza software
- Compatibilità con più sistemi operativi
- Conoscenza Euromap 63
- Conoscenza OPC-UA
- Conoscenza SIGIP

Il criterio di riempimento della matrice si è basato sull'assegnazione del valore 1 per requisito soddisfatto e 0 in caso contrario. Inoltre ad ogni requisito è stata assegnata un'importanza assoluta e conseguentemente una relativa. La scala dell'importanza assegnata è visibile in *Tabella 5*.

Scala	Significato
1	Irrelevante
2	Poco importante
3	Importante
4	Molto importante
5	Fondamentale

Tabella 5. Importanza assoluta dei requisiti

Inoltre, vi è in aggiunta una colonna che indica l'importanza relativa in modo da usufruire della seguente formula:

$$\text{Valore}_{\text{finale,pesato}} = \sum_{k=0}^n \text{requisito_soddisfatto}_k * \text{importanza_relativa}_k$$

Con k che indica la riga corrispondente e n il numero totale di righe. Il valore finale pesato migliore è quindi quello più prossimo ad 1.

In *Tabella 6* è rappresentata la matrice che fa corrispondere ai requisiti, i fornitori ed importanza assoluta e relativa. Si è deciso in seguito di escludere i fornitori con un valore totale strettamente minore di 0,93, quindi la lista si è ridotta da 10 a 5; sarebbero state quindi necessarie ulteriori scremature.

Requisiti	Fornitore 1	Fornitore 2	Fornitore 3	Fornitore 4	Fornitore 5	Fornitore 6	Fornitore 7	Fornitore 8	Fornitore 9	Fornitore 10	IMPORTANZA ASSOLUTA	IMPOTANZA RELATIVA
Sapere in tempo reale se la macchina sta lavorando o no e quanto tempo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	0,046728972
Se la macchina è ferma conoscere la motivazione dell'arresto: - set up - stato di allarme - mancanza MP - fermo programmato - fermo non programmato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0,037383178
Numero di pezzi buoni e di difettosi contati in allarme o dagli operatori di linea	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	5	0,046728972
Tipologia di difetto identificato	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	5	0,046728972
Interfaccia User-friendly	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4	0,037383178
Interfaccia personalizzabile	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	4	0,037383178
Conoscenza delle responsabilità: - operatore di linea se qualificato - capo reparto - responsabile della qualità	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	4	0,037383178
Tracciabilità delle responsabilità di produzione: - codice pressa - data e ora di produzione - codice pezzo	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	5	0,046728972
Calcolo KPI: - OEE - Tempo rimasto al termine della produzione	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	0,046728972
Programmazione parametri macchina dal MES	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	3	0,028037383
Acquisizione parametri macchina per la produzione del pezzo dalla pressa al MES per confronto con quelli di partenza e allarmi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0,037383178
Utilizzo di Big data allo scopo di: - monitorare il miglioramento della qualità della produzione - migliorare le performance di processo	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	4	0,037383178
Registrazione controlli qualità	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	5	0,046728972
Tracciabilità MP	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	3	0,028037383
Raccolta informazioni stato stampi in attrezzatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,018691589
Multilingua	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0,046728972
Disponibilità schedulatore	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	4	0,037383178
Flessibilità nello sviluppo del software	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	4	0,037383178
Completezza sistema preesistente	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5	0,046728972
Esperienza nel settore	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	4	0,037383178
Hardware non proprietario	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,018691589
Acquisto licenza software	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	0,046728972
Compatibilità con più sistemi operativi	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0,028037383
Conoscenza Euromap 63	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	5	0,046728972
Conoscenza OPC-UA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	0,046728972
Conoscenza SIGIP	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	3	0,028037383
Valore finale pesato	0,97	0,93	0,93	0,93	0,74	0,69	0,41	0,65	0,79	0,93	107	1

Tabella 6. Matrice Requisiti x Fornitori.

A seguito di questo incontro in cui l'interlocutore ha appreso in modo approfondito le esigenze dell'azienda, ed ha consentito di riempire la matrice sopracitata, è stata richiesta una proposta economica dettagliata.

È stato, in primo luogo, molto semplice tramite le offerte analizzare i pacchetti che venivano offerti per poi essere distinti sulla base dei prezzi dei singoli software e hardware.

Servizi offerti	Fornitore 1	Fornitore 2	Fornitore 3	Fornitore 4	Fornitore 10
Gestione produzione	17000	1832	29500		10000
Tracciabilità MP	2000	2400			6000
Gestione manutenzione	2000	1930	6000		
Controllo qualità	7500	2290	15000		6000
Integrazione sistema presenze		2290			
Schedulazione	10000	4600	9000		
I4 dashboard	17000				
Supervisione	4500			82500	3000
Licenza pc ufficio	4500		5000		
Licenza touch screen	24000		7500		430
Rilevazione parametri		6940	10000		8000
Monitoraggio parametri					2400
Integrazione Plc		3760	4500		24000
Integrazione Euromap 63		600			
Numero presse con Euromap 63		4			
Software dati processo Brankamp					13030
Prezzo integrazione Sigip	4500			5000	
Prezzo integrazione DM	2000	2400			
Totale SW	85000	26242	77500	87500	72860
Assistenza	17000	5248,4	9300	17500	8730
Analisi e redazione progetto	720	650		5000	750
Durata stimata (gg)	10	25		1	25
Installazione e collaudo	720	6500		8500	750
Durata stimata	7	3		1	5
Parametrizzazioni/personalizzazioni	720		8440	550	1000
Durata stimata (gg)	30		1	30	25
Formazione	720			750	
Durata stimata (gg)	10			15	
Totale costo personale	41040	35750	8440	41250	47500
Costo Totale	126040	61992	85940	128750	120360

Tabella 7. Matrice Servizi offerti x Costi

Nelle offerte presentate, ciascun fornitore ha incluso sia il prezzo dei software che degli hardware, senza trascurare comunque, il costo del personale, del servizio post e pre installazione.

Il sistema MES è stato da ciascuno, perciò, suddiviso innanzitutto in funzioni. Le funzioni su cui esso si richiederà agisca sono quindi in un primo momento: gestione della produzione, tracciabilità delle materie prime, gestione della manutenzione, controllo qualità.



Figura 25. Principali funzioni del sistema MES

Queste funzionalità rispondono ai requisiti individuati nell'analisi interna, infatti osservandoli nel dettaglio soddisfano il ventaglio di esigenze completamente.

La gestione della produzione mira a soddisfare la necessità di conoscere il tempo di lavoro della macchina, se lavora oppure no e per quanto tempo ha lavorato, in ogni istante; se non sta lavorando, si può conoscere il motivo. Inoltre, vengono contati i pezzi prodotti ed in particolare è possibile conoscere quanti sono stati scartati automaticamente, o quanti l'operatore di linea ha inserito come difettosi e il difetto che li ha resi tali.

La tracciabilità delle materie prime consente di conoscere la BEM di appartenenza e il codice del lotto di provenienza. Inoltre, si conosce la data, l'ora e la pressa su cui è stato prodotto il pezzo e quindi chi lavorava sulla pressa, chi era il responsabile di reparto e chi quello di qualità.

La gestione di manutenzione, invece, rende possibile la manutenzione predittiva, ossia, registrando le stampate effettuate dallo stampo, con uno storico di dati già noti che quindi ne stima il numero massimo, che precede la rottura dello stesso, può prevedere in che momento converrà mantenere lo stampo. La differenza dal passato risiede nel fatto che il MES consente

di memorizzare le lavorazioni eseguite dallo stampo anche su presse diverse, memorizzandone quindi i valori numerici, evitando così l'usura.

Il controllo qualità mira tramite una base di dati storici, da raccogliere nel tempo o da inserire nel sistema, a pianificare i controlli, definire i turni (non riferito a chi debba effettuare il controllo, ma quante volte e quanti pezzi dovranno essere campionati). A questo si aggiunge un iter di operazioni da sostenere visibile su uno schermo touch screen adiacente alla pressa o da un pc per isola che comprende tre o quattro macchine.

Perché un'offerta potesse essere presa in considerazione necessitava che ci fosse la possibilità di aggiungere eventuali servizi in un secondo momento. Nel caso in esame, si è ritenuto opportuno aggiungere la schedulazione, effettuata, ad oggi, dal sistema gestionale SIGIP, soltanto in un secondo momento. In tal caso, si tratta esattamente di allocazione di risorse gestita centralmente dal MES, definendo turni, ruoli, e mansioni.

Nel pacchetto produzione vi è una sezione che tiene traccia dei log-in e dei log-out degli operatori a bordo pressa. Il sistema, infatti, deve conoscere su quale pressa l'addetto sta lavorando e per quanto tempo. Inoltre, potrebbe vietare determinate operazioni laddove il livello dell'addetto non fosse sufficiente ad eseguirle. In particolare, è possibile che si effettui un log-out automatico nel caso in cui venga effettuato un log-in su un'altra pressa (per tutelare l'operatore in caso di dimenticanza). Inoltre la timbratura all'uscita comporta automaticamente il log-out da ogni computer in funzione.

Un fattore importante si individua nella licenza del software, che dovrà essere installato sui dispositivi che utilizzeranno gli addetti, come pc e tablet. Tutti i fornitori hanno dato la disponibilità di vendita dei software necessari all'esecuzione delle funzionalità. A tale scopo anche la compatibilità con sistemi operativi è stata considerata rilevante, pertanto, si è deciso di verificarla e, in risposta, la compatibilità predominante è con il sistema operativo Windows.

Fase importante dell'installazione è l'integrazione con il Plc delle presse e la compatibilità con il protocollo che utilizzeranno le presse più nuove, una volta tradotto dai produttori, ossia: OPC UA e Euromap 63. Inoltre, è necessaria la comunicazione con Sigip, ossia il gestionale e a tale scopo la preferenza sta nel creare uno spazio di archiviazione comune nel quale il sistema MES salverà i dati e dal quale lo stesso prenderà informazioni utili al suo funzionamento. Stesso procedimento dovrebbe essere eseguito anche dal gestionale, in modo da consentire una comunicazione fluida ed aperta ad ogni possibile soluzione. Fondamentale sono i dati presenti nel documentale, ed essendo essi in formato .xlsx o in formato .docx, risultano di facile interpretazione e manipolabili a seconda delle esigenze. Brankamp, invece, è un sistema con poca notorietà, infatti, soltanto il fornitore dello stesso che include una nuova divisione che si sta specializzando nella progettazione di sistemi MES; ad ogni modo, è di facile interpretazione e non sembra si possano riscontrare rilevanti ostacoli nella possibile comunicazione con il MES.

Nell'offerta sono stati inclusi i costi analisi e progettazione, quindi il costo del personale. Inoltre, sono state incluse nell'offerta delle giornate di assessment e di formazione, per gli operatori che per quanto possano essere agevolati dall'usabilità del sistema più smart possibile, dovranno comunque interfacciarsi con qualcosa di nuovo.

I costi del personale comprendono anche le personalizzazioni nel caso di sistemi preesistenti, mentre nel caso di prodotto completamente fatto su misura, sono stati inclusi tra i costi di progettazione.

Infine sono inclusi costi di installazione e collaudo.

Trattandosi di giornate di lavoro si è cercato di rendere omogenei i prezzi proposti su questa base, stimando un periodo standard necessario ad usufruire dei servizi offerti, calcolando un nuovo prezzo, considerando il costo giornaliero delle risorse.

Per quanto riguarda la Tunisia il discorso è analogo: buona parte dei fornitori ha garantito la possibilità di comunicazione indiretta tra le due sedi. Si propone nella pratica un cloud che possa raccogliere i dati prima di dividerli perché una comunicazione diretta senza appoggio almeno momentaneo su un sistema intermedio, potrebbe causare la perdita di dati sensibili per l'instabilità della rete in una delle due sedi. Ad ogni modo, per la selezione si è tenuto conto del servizio in Italia, anche perché soggetto ad iperammortamento grazie alla Legge di Bilancio, senza precludere la possibilità di estendere il sistema anche in un secondo momento nel sito di Menzel Bouzelfa.

La Tunisia, comunque, non è stato elemento vincolante la decisione, perché non tutte le offerte disponevano di una sezione dedicata, per quanto non si prevedessero problemi riscontrabili per la possibile comunicazione tra gli stabilimenti. Quindi, non è stata variabile determinante ma è stata considerata l'eventualità di inserirla nel programma: i costi unitari non sarebbero cambiati in maniera rilevante.

Per quanto riguarda il lato hardware del servizio ciò che si rende indispensabile sono dei dispositivi definiti schede di gestione di segnali digitali. Essi dispongono di svariati PIN in ingresso e in uscita in grado di leggere determinati segnali elettrici, raccogliendo così input dalla pressa e fornendo in output informazioni per il sistema MES. Vengono utilizzati per le macchine definite precedentemente "Old", che non dispongono di un software in grado di

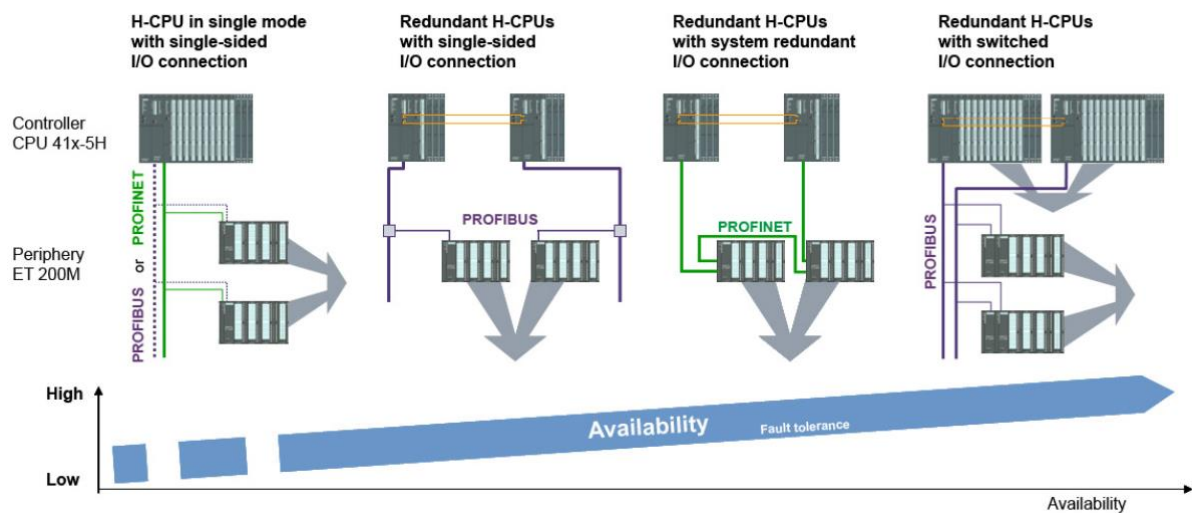


Figura 26. Schede di gestione di segnali digitali

trasmettere dati all'esterno, quindi bisogna interpretare dati in ingresso tramite delle connessioni elettriche.

In *Figura 26* è evidente che con una ridondanza di PIN, la disponibilità dei dati aumenti.

Per interfacciarsi con gli addetti, si suppone ci si possa munire di terminali per isole, o tablet su ogni pressa. Inoltre, si possono notare svariati aspetti positivi nell'installazione di un maxischermo in ogni reparto che tenga traccia di produzione, turni, allarmi e qualsivoglia informazione si ritenga utile condividere.

Quindi bisogna considerare il trade-off tra prezzo e semplicità nell'esecuzione; un terminale connesso a tre presse differenti implica un passaggio in più in qualsiasi operazione di debba svolgere su una pressa, perché si dovrà prima identificare la stessa sulla quale si sta lavorando e poi eseguire l'operazione. Un altro svantaggio potrebbe rivelarsi nella fase di controllo della qualità in cui gli operatori di linea avranno necessità di confrontare delle immagini con il pezzo; è possibile introdurre immagini nel sistema e archivarle in modo da mostrarle su richiesta, ma essendo distanti dalla pressa potrebbero rivelarsi più immediate quelle già esistenti cartacee. D'altro canto, la postazione potrebbe essere mobile o il pezzo si potrebbe spostare vicino al pc per eseguire il controllo; ciò però implicherebbe che tra le presse connesse allo stesso terminale si potrebbe eseguire un'unica operazione per volta.

La scelta si è ristretta a due dei cinque fornitori rimasti per le ingenti differenze di costo, nonostante il soddisfacimento dei bisogni non sia affetto da particolari differenze.

Di fondamentale importanza sarebbe stata la suddivisione dei prezzi per pacchetti da installare, e soprattutto i costi unitati relativi sia a software che hardware da installare. Quest'accurata scelta è stata fatta perché fosse possibile confrontare le offerte da un punto di vista puramente economico, dopo averne escluse sulla base di altri aspetti. In particolare, per rendere le proposte omogenee è stata considerata esclusivamente la parte software, in quanto la parte hardware era facoltativa per tutti i fornitori interpellati. Di conseguenza, per un equo confronto, tutti i costi considerati nell'offerta sono stati calcolati su una base di installazione di 39 macchine, per semplicità e per uniformare le proposte, affinché la scelta potesse essere ponderata. Quindi sulla base del confronto basato su soddisfacimento dei requisiti e prezzo la scelta si è infine ristretta a due alternative: Fornitore 2 e Fornitore 3. Una volta giunti a questo punto, si è deciso di organizzare delle visite agli stabilimenti delle referenze citate sull'opuscolo, oltre ad analizzare l'offerta più nel dettaglio.

Entrambi i fornitori si sono rivelati ben referenziati, con un'ampia esperienza nel settore e le loro proposte vicine nel prezzo e nella soluzione.

Il fornitore 2, per quanto disponesse di hardware proprietari ben specifici, si è rivelato comunque disponibile a considerarli separatamente nell'offerta e non indispensabili perché si concludesse il contratto.

Inoltre, il fornitore 3 dispone di uno strumento user-friendly che lo contraddistingue dagli altri. Una pulsantiera a basso costo con comandi molto simili a quelli delle presse, comunicante con

il sistema MES, per informazioni basilari: la macchina sta lavorando, la macchina è ferma, la macchina è in manutenzione.

5. ANALISI COSTI BENEFICI

5.1 Perché investire

Una volta scelto il fornitore, è importante decidere se effettuare o meno l'investimento, analizzando costi e ricavi stimati imputabili all'acquistare, implementare ed utilizzare il nuovo sistema informativo.

Un tipico problema di valutazione, è quello di considerare unicamente i costi e i benefici tangibili, ossia quantificabili, mentre vanno considerati tutti quelli indotti dalle attività. Si generano, tramite l'implementazione di un nuovo sistema, impatti a cascata, di cui tener conto per un'eventuale scelta.

L'analisi costi-benefici ha lo scopo di verificare la sostenibilità finanziaria ed economica dell'investimento da sostenere. I benefici derivanti dall'implementazione, affinché l'investimento sia da sostenere, dovranno superare i costi, sostenuti per la sua realizzazione.

I costi rappresentano il valore delle risorse consumate per la realizzazione del progetto. È importante, quindi, suddividere i costi in:

- **Tangibili:** sono i costi da sostenere, o effettivi esborsi di denaro. Come visto in precedenza, si tratta, nel caso in esame, di costi di acquisto di hardware, licenze software, personale per progettazione, installazione e training. Questi costi comprendono sia costi fissi che variabili, di cui i primi si riferiscono ai costi di progettazione ad esempio, che, quindi, non cambiano al variare delle presse da connettere al MES, e i variabili che fanno riferimento ai costi unitari come di licenze software, che vanno moltiplicate per il numero di macchine da dotare di tecnologia ICT, il cui numero è stato impostato a 39 nella *Tabella 7*.
- **Intangibili:** sono costi non quantificabili e, quindi, non associabili ad un esborso di cassa, ma stimabili solamente attraverso valutazioni qualitative (ad esempio campagne di sensibilizzazione del personale aziendale al corretto utilizzo della nuova tecnologia ICT, definizione o eventuale revisione di procedure operative aziendali in funzione dei nuovi strumenti e supporti utilizzati). Anche i costi intangibili vanno distinti in costi fissi e variabili, che nel primo caso ritroviamo nella necessità di riadattare determinate procedure (*una tantum*) o costi variabili, come il tempo impiegato ad adattarsi alla nuova tecnologia per operatore di linea.

Il concetto di beneficio va oltre il ricavo che è un'entrata monetaria, infatti, racchiude una qualsiasi risorsa prodotta o risparmiata conseguentemente all'installazione del MES. I benefici derivanti dall'investimento, vanno qualificati, ossia identificati e specificati e quantificati, cioè misurati in termini economici. Inoltre, vanno inclusi i benefici non quantificabili, per tenerne conto.

Essi possono essere misurati calcolando la differenza tra varie situazioni, prima e dopo il MES e si distinguono in:

- **Tangibili:** si può fare un'ulteriore distinzione tra quelli facilmente quantificabili in denaro, come una riduzione delle scorte e quindi dei costi di immagazzinaggio, un aumento del numero di prodotti conformi, riduzione dei costi di lavoro, e ed altri più difficilmente misurabili in termini economici come una migliorata capacità decisionale relativamente ad una certa attività o migliori indici di performance di servizio.
- **Intangibili:** non associabili ad un esborso di denaro e stimabili unicamente con valutazioni di carattere qualitativo, come, ad esempio, il miglioramento della propria posizione rispetto ai concorrenti, condivisione di know-how all'interno dell'azienda, e possibili nuove strategie di vendita.

In Tabella 8 sono schematizzati le tipologie di costi e benefici sopraelencate [15].

	Costi	Benefici
Tangibili	Costi monetari o stimabili tramite valutazione quantitativa	Benefici monetari o stimabili tramite valutazione quantitativa
Intangibili	Costi non monetari e stimabili solo tramite valutazione qualitativa	Benefici non monetari e stimabili solo tramite valutazione qualitativa

Tabella 8. Costi e Benefici da considerare per un investimento

Nell'analisi, va considerato l'intero ciclo di vita del prodotto, come rappresentato in *Figura 27*, cioè i costi e benefici imputabili ad ogni fase, non esclusivamente nel momento dell'acquisizione. Il ciclo di vita della tecnologia ha inizio nel momento in cui ci si accorge della necessità della stessa, quindi, inizia un'accurata ricerca, che si conclude con l'obsolescenza di quella tecnologia, e la possibilità di rimpiazzarla con una nuova. Si rivelerebbe non veritiera un'analisi limitata ai soli costi di acquisto, per quanto questi possano considerarsi ingenti. Si penalizzerebbero, infatti, le tecnologie i cui costi d'acquisto sono



Figura 27. Fasi del ciclo di vita di una tecnologia

elevati, mentre quelli di utilizzo sono bassi, protendendo la scelta verso una proposta con bassi costi d'acquisto e nettamente maggiori costi di esercizio.

A conclusione di questo iter, il risultato del calcolo è tanto più affidabile quanto più accurate sono le stime dei costi e dei benefici da considerare. Generalmente, quantificare i costi tangibili, come è evidente dalla matrice analizzata precedentemente, è agevole, in quanto non presenta problematiche rilevanti nel calcolo. Al contrario, la quantificazione dei benefici tangibili, presenta delle complicità, in quanto, imputare i benefici ad un evento, non è banale. Nella maggioranza dei casi non si può distinguere se un dato positivo deriva esclusivamente dalla nuova tecnologia o da altri fattori concomitanti; capita spesso che un evento possa essere scatenato da più fattori o indipendentemente da una o un'altra causa, risulta quindi difficile discriminarle.

Ancora più complesso risulta il calcolo di costi e benefici intangibili. Essi sono generati a cascata quindi non direttamente identificabili, e particolarmente arduo è riconoscere i benefici intangibili piuttosto che i costi, conseguenti all'investimento. Spesso, infatti, le aziende rinunciano a calcolarne le potenzialità, proprio perché difficili da intercettare e quantificare. L'accuratezza del risultato dell'analisi dipenderà quindi dall'abilità dell'azienda di sottoporre a valutazione costi e benefici intangibili.

A seguire saranno illustrati i principali costi e benefici intercettati derivanti dall'investimento in un sistema MES, a prescindere dalla scelta del fornitore.

5.2 Focus sui costi

I costi da considerare sono come anticipato, quelli tangibili ed intangibili, senza focalizzarsi esclusivamente sul momento dell'acquisto, ma su due momenti del ciclo di vita della tecnologia sfruttata dal sistema MES:

- La fase di acquisto e di installazione, che include tutti i costi da sostenere dal momento in cui bisogna definire i requisiti, includendo la fase decisionale di pacchetti da installare e scelta del fornitore, fino al completamento di installazione del sistema pronto ad un uso continuativo dall'azienda.
- La fase di utilizzo del MES, che comprende i costi relativi all'esercizio del sistema durante tutta la sua vita utile; sono i costi da sostenere nell'arco temporale che va dall'istante in cui il sistema è funzionante e collaudato, al momento in cui si inizia a considerare l'idea di innovarsi ulteriormente (l'obsolescenza del sistema dovuta a lacune informative, tecnologie più innovative sostitutive).

I costi di acquisto e di installazione si distinguono in:

- costi per l'acquisto di software relativi ai blocchi del sistema scelti da Mista, relativi costi di installazione degli stessi sugli hardware da utilizzare;
- acquisto di apparecchiature per l'utilizzo del MES, ossia computer fissi, computer portatili, tablet, PLC di connessione alle macchine ed eventuali strumenti accessori, come lettori barcode, stampanti barcode, telecomandi,

lampade per segnaletica, ecc... sono inoltre da considerare i collegamenti elettronici degli hardware alla rete di alimentazione e al MES;

- le attività del personale coinvolto nel progetto: a partire dalla definizione dei requisiti, la scelta del fornitore, per concludere con workshop per la sensibilizzazione al nuovo sistema, eventuali consulenti per la formazione, e responsabili dei sistemi informativi aziendali.
- la revisione delle quotidiane attività operative da sostituire con nuove mansioni in particolare per operatori di linea, capireparto, capiturno, controllo qualità, sistemi informativi, al fine di renderle compatibili con il nuovo sistema e congruenti con le modalità di inserimento, elaborazione ed aggiornamento delle informazioni da quest'ultimo adottate.

I costi di utilizzo del sistema MES, una volta completata la fase di implementazione, consistono in:

- costi relativi ad attività di manutenzione ordinaria del sistema, che comporta aggiornamenti, back-up, diagnostica, automatici e pianificati, in genere concordati tramite documento sottoscritto ex ante da entrambe le parti coinvolte;
- materia prima consumata per sfruttare i vantaggi del sistema, come cartucce della stampante per i codici a barre o i cartellini per il barcode;
- parti di ricambio in seguito a rotture, usura delle apparecchiature come computer, stampanti, PLC, e di strumenti accessori utilizzati, come collegamenti elettrici;
- manutenzione straordinaria a seguito di malfunzionamenti del sistema software, da remoto o in locale, interna o esterna da parte del fornitore, come il ripristino di una copia di back-up, o il malfunzionamento di hardware, strutture danneggiate, che richiedono interventi specifici e specializzati;
- costo del personale al terminale, specializzato per l'analisi dei dati raccolti, o dell'IT per l'esecuzione e il monitoraggio del sistema;
- costo di conversione dei dati in formati specifici perché possano essere letti sia dal sistema gestionale in Mista (Sigip) che dal MES, in modo da consentire una fluida comunicazione tra questi sistemi informativi, eliminando eventuali duplicati;
- corsi di aggiornamento del personale aziendale, (ufficio sistemi informativi, addetti all'elaborazione dati, operatori di linea, capi turno, capi reparto, controllo qualità) perché chi di competenza possa essere in grado di sfruttare a pieno il sistema, affinché non vi siano lacune che limitino gli addetti nell'utilizzo.

In *Figura 28* è fornita una stima dell'impatto delle principali voci di costo sull'investimento da sostenere per l'acquisto e l'utilizzo del nuovo sistema MES, come media calcolata dalle offerte proposte dai fornitori.

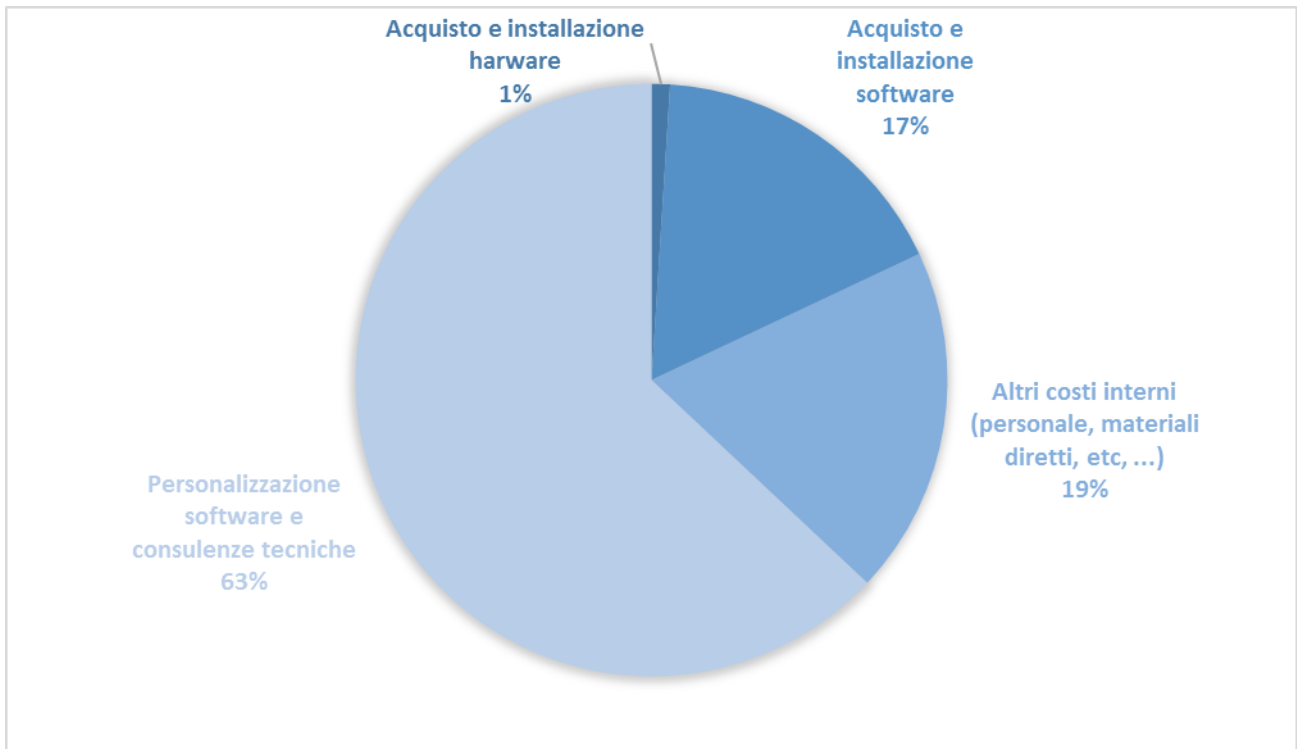


Figura 28. Stima costi da sostenere in percentuale

5.3 Focus sui benefici

Lo scopo di un investimento è ottenere da esso un beneficio, che in genere corrisponde ad un profitto, conseguenza di maggiore efficienza produttiva e quindi derivante da un risparmio o di creazione di valore aggiunto per il cliente. Trattandosi di investimenti in *Information and Communication Technology* la questione non cambia, lo scopo dell'investimento è ottenere maggiori benefici dei costi sostenuti, quindi è necessario quantificare tutti i benefici, tangibili e non, che la Mista può ottenere investendo.

I benefici tangibili, più facilmente identificabili, sono:

- riduzione del numero di pezzi non conformi e di difetti sui pezzi (conformi), perché con l'utilizzo del MES le informazioni giungono in tempo reale, un fuori controllo viene identificato subito e si può tempestivamente intervenire sul problema evitando che se ne producano altri; quindi, grazie all'individuazione in tempo reale di difettosi e pezzi non conformi alle specifiche del cliente, c'è un miglioramento di tasso di conformità in produzione e anche di *brand* verso il cliente;
- incremento della produttività grazie ad un efficiente utilizzo delle risorse di produzione, poiché il MES è in grado di allocarle nel miglior modo possibile,

ottimizzando quindi lo sfruttamento delle stesse e la produttività della fabbrica, nel pieno rispetto di obiettivi definiti nel breve-medio periodo;

- riduzione di scorte e di conseguenza di costi di immagazzinaggio, poiché, con il controllo e la gestione del MES, in magazzino è possibile gestire le scorte sulla base degli ordini (nel caso della Mista esiste già Sigip che si occupa di schedulazione e di gestione delle scorte, tuttavia non si preclude l'opportunità di integrare in un secondo momento un pacchetto destinato a quello scopo), riducendo *stock-out* e *over-stocking*.

I benefici intangibili, come anticipato, sono complessi da individuare, e soprattutto da quantificare, ma è molto importante tenerli in considerazione, in quanto conseguenza dell'investimento. Quindi per completare il quadro del valore generato dall'installazione di questo sistema innovativo sono da considerare:

- la tracciabilità del materiale, che riduce drasticamente le tempistiche di ricerca di un problema riscontrato durante il ciclo produttivo del pezzo e ciò, da un lato, rende maggiormente affidabile la Mista, in quanto in grado di risalire rapidamente al problema ed eventualmente alla fornitura di materia prima se il problema fosse a monte, e, dall'altro, con l'aumento di efficienza nella ricerca del problema, induce alla soluzione con maggior rapidità che in precedenza;
- il monitoraggio in tempo reale di tutti i reparti dello stabilimento, riducendo così il numero di *flash audit* da eseguire con una certa cadenza per assicurarsi l'allineamento dei parametri macchina effettivi con quelli predisposti dal cliente, ottenendo maggiore disponibilità per mansioni di altro livello da chi effettuava questi controlli, ossia capoturno, caporeparto, responsabile dei sistemi informativi;
- un *know how* condiviso tra personale dell'azienda, che implica tempistiche ridotte perché nuovi assunti siano formati adeguatamente, quindi, una maggiore intercambiabilità nel personale, che può agire su diverse presse senza raggiungere un elevato livello di esperienza (vedi matrice delle competenze) su ciascuna di esse, ed una maggiore complessiva flessibilità nell'intero sistema produttivo;
- gli operatori di linea che hanno più autonomia, una maggiore responsabilizzazione degli addetti e un aumento della consapevolezza delle proprie mansioni, nel senso che c'è un controllo automatico sulle loro azioni e quindi non c'è necessità di supervisione accurata, né c'è bisogno che si richiedano specifici permessi (questo dipende dalle impostazioni del sistema personalizzabile e, quindi, potrebbero comunque non evolvere in questo senso elevati benefici, ma minimi, in quanto ad oggi gli operatori si muovono autonomamente sulla base delle disposizioni cartacee presenti a bordo pressa, complete di tutte le informazioni che potrebbe contenere il MES con l'enorme differenza che nell'ultimo caso definito, le informazioni sono costantemente aggiornate, a differenza delle cartacee per cui un qualsiasi minimo cambiamento, anche di un solo parametro, può impiegare molto tempo a giungere aggiornato a destinazione);
- tutte le informazioni che sono raggruppate in un unico supporto, in un unico cloud, rendono la produzione univoca, precisa con assenza di informazioni duplicate, frammentarie ed errori di trascrizione, che inducono confusione, e anche reattiva, cioè, con informazioni chiare e ben definite, non vi sono carenze di informazioni che

comportano fermi in produzione e, dove necessario, gli interventi sono tempestivi grazie alla chiarezza della situazione;

- l'eliminazione della modulistica cartacea, rende univoci e racchiusi in un unico documento anche i processi produttivi, i flussi di informazioni, le disponibilità e gli impegni delle risorse; questo comporta trasparenza di informazioni, e riallocazione di risorse dove necessario, che generano valore aggiunto per l'azienda.

Se questi benefici fossero facili da quantificare, si potrebbe ottenere un'ottima stima in grado di influenzare fortemente la decisione sull'investimento, ma risulta troppo complesso misurare in termini numerici o con valore monetario questi miglioramenti intangibili, infatti spesso aziende trascurano questa parte di vantaggi, commettendo un errore forse non trascurabile.

Si può ritenere, infine, che i benefici sopra descritti, hanno un impatto positivo sulla redditività aziendale, tanto da poter superare i costi di tutto il ciclo di vita della nuova tecnologia grazie anche alle agevolazioni fiscali introdotte dal governo italiano. Sono quindi difficilmente quantificabili ma evidentemente in grado di ripagare l'investimento rendendo il ROI (*Return on Investment*) = $\frac{NetProfit}{TotalInvestment} \cong 0,10$ come stimato dall'azienda Stain per la Fabbrica d'armi Pietro Beretta [16].

Per fare il punto della situazione, è evidente che:

- Riducendo il numero di difetti e di difettosi in output, ne consegue un aumento di rendimento della produzione che consiste in un incremento di profitto dovuto ad una riduzione dei costi rettificati nel caso di prodotti recuperabili, o di sostituzione nel caso di prodotti non recuperabili;
- Aumentando la capacità produttiva, sia degli operatori che delle risorse di produzione, si genera un elevato incremento dei ricavi rispetto ai costi di produzione sostenuti, considerandoli costanti;
- Riducendo il materiale presente in magazzino, si ottiene, con ricavi invariati ottenuti dalla vendita dei pezzi, un decremento dell'attivo corrispondente allo stock;
- La tracciabilità dei prodotti, comporta una riduzione dei costi da sostenere per individuare un problema alla radice, che sono individuabili, nel costo di ore-uomo per la ricerca nello scomparto apposito di documentazione e individuazione del problema da un'accurata analisi di documenti cartacei, e storico di dati relativi alle presse, memorizzati su carta;
- La semplificazione dei flussi di informazioni, riduce i costi fissi derivanti da tempo, che il personale deve impiegare su attività che non genera valore aggiunto per l'azienda, come ad esempio trascrivere i dati da carta a computer, o da macchina a carta, annullando quasi del tutto gli errori umani.

A conclusione dell'analisi [17] si può considerare l'investimento nell'installazione del sistema MES come conveniente, in quanto comporta con ottime probabilità benefici che potrebbero coprire i costi in un periodo sufficientemente limitato.

5.4. Come cambia l'efficienza

Produttività

Globalmente si può stimare un potenziale aumento della produttività in fabbrica a seguito dell'implementazione del MES. Infatti si suppone che ciò permetterà di:

- Distinguere le più trafficate linee di produzione conoscendo i flussi del materiale, per identificare i colli di bottiglia (ossia quella fase di un processo produttivo che, avendo minore capacità produttiva di altri, vincola il ritmo produttivo dell'intero processo per un accumulo di materiale da lavorare, in ingresso) in tempo reale ed effettuare interventi mirati in questi punti e sulle attività del processo più critiche;
- Conoscere il *lead time* (cioè l'intervallo di tempo necessario ad un'azienda per soddisfare una richiesta del cliente) su ogni linea di produzione, tramite un calcolo più accurato del tempo impiegato dal pezzo a percorrere tutte le fasi del processo produttivo;
- Identificare le principali e più frequenti cause di fermo macchina in tempo reale, reagendo con interventi mirati e azioni di miglioramento laddove anche la produttività in reparto viene intaccata in maniera eccessiva, riducendo così l'impatto delle criticità a cui è stato possibile risalire.

Trasparenza dei dati

Importante è il cambiamento della disponibilità dei dati e della qualità degli stessi. Con l'installazione del MES, è automatica la riduzione delle tempistiche di raccolta dei dati, in quanto, una parte di questi viene rilevata automaticamente, mentre altri possono essere inseriti sul sistema direttamente da bordo pressa, dall'operatore di linea, senza dover passare per il cartaceo. Sarà quindi possibile determinare univocamente i dati in modo da renderli disponibili da qualsiasi postazione autorizzata in tempo reale, evitando possibili ridondanze degli stessi o errori di trascrizione. Ciò significa che i dati saranno puliti e fruibili e che per ottenere informazioni utili, il personale autorizzato non dovrà eseguire complesse, o lunghe, operazioni di estrazione, ma potrà accedere in ogni momento al sistema ed ottenere le risposte di cui necessita, senza troppi sforzi o lunghi tempi di attesa. La reportistica, oltre che dalle tempistiche ridotte notevolmente, sarà agevolata dalla standardizzazione dei dati e dell'organizzazione degli stessi, e la presenza dei KPI, renderà ogni informazione più facilmente reperibile. Quindi, le analisi sui dati, report ed elaborati potranno essere effettuati con rapidità e, inoltre, potrebbero essere svolti con una maggiore frequenza o ci si potrà dedicare a mansioni diverse, guadagnando quindi in ore-uomo.

Allo stesso tempo, anche la fruizione della documentazione elaborata sarà più rapida, e tutti i dati trasformati in informazioni utili della fabbrica saranno racchiusi in un unico database. Quindi, a prescindere dal reparto e anche dallo stabilimento, nel caso in esame che sia in Italia o in Tunisia, si potrà accedere alla documentazione disponibile sul portale e si potrà intervenire in caso di errori da parte dell'operatore di linea (come ad esempio la causale di un guasto) rilevabili facilmente ed istantaneamente. Ciò comporta che le stime potranno essere sostituite da valori quantitativi, calcolati tempestivamente dal sistema, e quindi gli aspetti decisionali si

baseranno su informazioni aggiornate, con monitoraggio continuo per aggiornarne eventualmente i calcoli.

Tracciabilità

Con l'introduzione del MES basterà la lettura del *barcode* per risalire alle principali informazioni del ciclo produttivo percorso dal pezzo prodotto, e saranno quelle sopra descritte in *Figura 15*.

Il codice univocamente determinato, sarà stampato una volta che il prodotto avrà concluso tutte le fasi di produzione. Esso conterrà la storia del pezzo, tutte le informazioni che sono state inserite nel sistema informativo, automaticamente dalle presse, o manualmente da operatori di linea e di controllo qualità. In ogni momento, il pezzo sarà tracciato e si potrà ricondurre alla pressa su cui è stato lavorato, al lotto di materia prima di provenienza, al codice BEM che conteneva il materiale che è stato poi lavorato.

Ogni singolo lotto, in ciascuna fase del processo produttivo, sarà archiviato. Questo archivio, memorizzato sul MES consente di risalire rapidamente alla causa nel caso di una non conformità alle specifiche di un pezzo.

Un ulteriore aspetto di cui tener conto è che, grazie ai codici a barre presenti sui lotti, l'inventario di magazzino da svolgere periodicamente è nettamente semplificato. Infatti, oltre ad una riduzione di tempistiche per l'esecuzione dell'attività, vi è un maggior controllo, e quindi, una conseguente ottimizzazione dell'organizzazione degli spazi in magazzino, con riduzione di giacenze, come anticipato.

In Fabbrica d'armi Beretta, che ha installato il MES, già dai primi mesi di attività, la riduzione delle scorte in magazzino è stata di circa il 15% [16]. L'idea di responsabilizzazione induce gli operatori a segnalare anomalie, in quanto i turni sono tracciati tanto quanto i componenti. Dalle informazioni raccolte da fabbriche che già sfruttavano il MES, l'utilizzo di questi codici a barre ha reso possibile ridurre, una volta installato l'innovativo sistema informativo, il tempo medio necessario a completare un inventario del 63%. Inoltre individuando lotti senza etichetta, o altre anomalie evidenti si stima si possa ridurre mediamente del 50% il quantitativo di disallineamenti tra cosa è in magazzino virtualmente e cosa è in magazzino realmente.

Accessibilità delle informazioni

Essendo il sistema MES sia multilingua che estendibile ad un maggior numero di stabilimenti, è possibile per chiunque purché autorizzato, accedere al sistema, da remoto o da altri stabilimenti di appartenenza allo stesso gruppo (come nel caso dello stabilimento in Tunisia).

Usabilità

L'interfaccia, in quanto barriera che separa il sistema informativo dall'addetto, è di fondamentale importanza; la semplicità nell'utilizzo delle funzionalità del sistema, permette a questo di essere accolto di buon grado da chi non ha mai avuto a che fare con uno strumento simile. Le aziende che l'hanno installato non hanno avuto problemi in questo senso, essendo

spesso la grafica e le possibili scelte molto semplici e complete. Più intuitiva è la struttura grafica, meno giornate di *learning* saranno svolte.

Resoconto

A conclusione dell'analisi costi-benefici si possono riassumere i risultati stimati dell'andamento dei fattori analizzati a seguito dell'installazione del sistema MES, nella *Tabella 9* che segue:








Requisito	Cambiamento atteso
Produttività (pezzi prodotti/ora)	Incremento 
Tempo di attraversamento dei reparti	Decremento 
Ore dedicate ad elaborazione dati e reportistica	Decremento 
Giacenza	Decremento 
Ore dedicate ad inventario	Decremento 
Disallineamento tra documenti cartacei e digitali	Decremento 
Ore dedicate all'analisi dei dati di produzione	Decremento 

Tabella 9. Cambiamenti stimati dei fattori di produzione

In particolare, secondo un'analisi campionaria svolta da KPMG [18], la produzione nel settore industriale è cresciuta mediamente dal 2016 al 2017 del 4% e il fatturato ha subito una crescita di oltre il 15%. Non sono trascurate le scorte, in netta diminuzione nell'arco di 19 mesi (da gennaio 2016 a luglio 2017) sono state mediamente ridotte del 75%. Il campione esaminato è composto di 330 imprese. È in conclusione, conveniente investire, per restare competitivi sul mercato e perché i benefici che si ottengono, potenzialmente, possono coprire in breve tempo i costi sostenuti.

6. CONCLUSIONI

Lo scopo di questo elaborato è stato spiegare nel dettaglio cosa si intende per quarta Rivoluzione Industriale, ed in che modo essa impatta sulle imprese italiane, nel settore del manifatturiero.

Queste nuove tecnologie, tra le quali il sistema MES, offrono all'impresa, se in grado di cogliere l'occasione, la possibilità di acquisire informazioni utili su pezzi prodotti e processi produttivi, istantaneamente.

Installare un sistema MES non significa limitarsi ad implementare un software interno di raccolta dati, bensì, si tratta di un innovativo strumento che consente accurate analisi, immediati interventi, e reattività al cambiamento, che coinvolge tutta la gerarchia aziendale, dall'operaio al manager. Innovarsi, però potrebbe risultare deleterio, se si riscontrasse da parte dei lavoratori coinvolti, una resistenza al cambiamento, o comunque grandi difficoltà ad adattarsi ad un sistema completamente diverso, per quanto possa essere considerato spesso, intuitivo.

Sono state, quindi, definite le logiche da seguire per implementarlo in un contesto aziendale, quello della Mista spa. I risultati dipenderanno, quindi, dalla capacità dell'azienda di sfruttare al meglio le potenzialità del servizio così che i benefici riscontrabili nella riduzione del numero di errori umani, riduzione di tempistiche, ottimizzazione del processo produttivo, superino i costi.

Nella trattazione, dopo aver introdotto il tema dell'*Industry 4.0*, è stata descritta l'azienda come si presenta oggi, e quali obiettivi si prefigge. Vi è infatti una prima analisi dei requisiti, cui precede una fase di *brainstorming*, incentrata sui reparti e quindi sul processo produttivo nel dettaglio, il flusso informativo, i prodotti e tutte le informazioni rilevanti con successiva assegnazione dell'importanza assoluta e relativa ai bisogni da soddisfare.

È seguita una descrizione di cosa è offerto dal mercato, quali requisiti sarebbero stati soddisfatti, ed in che modo. Di conseguenza è stato possibile restringere la cerchia dei possibili fornitori, tenendo in considerazione i costi fissi e variabili da sostenere, ed effettuare l'analisi costi benefici.

Il sistema, ad oggi, non è stato implementato e, con la proroga delle agevolazioni fiscali, a seguito dell'approvazione della nuova Legge di Bilancio, l'azienda potrà usufruirne per completare l'installazione.

Dall'analisi costi benefici, secondo cui questi ultimi risultano superiori ai costi da sostenere, si può concludere che sarà conveniente proseguire nell'integrazione del MES con l'attuale sistema produttivo dell'azienda.

La futura implementazione del sistema potrà generare non solo benefici per l'azienda stessa, ma essere da esempio per altre aziende nel manifatturiero in Italia e nel mondo.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Powell Daryl, Alfnes Erlend, Semini Marco, *Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches* 2012
- [2] Carmine Fotina, <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2018-01-26/centri-40-i-voucher-servizi-17-tecnologie-084554.shtml?uuid=AEFD6OpD> *Centri 4.0, con i voucher servizi per 17 tecnologie* 2018
- [3] Luciana Maci, www.economyup.it *Che cos'è l'Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare* 2017
- [4] <http://www.gazzettaufficiale.it>
- [5] http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%2040_19_sette_mbre_2017.pdf
- [6] <http://www.ilsole24ore.com/art/notizie/2017-09-19/industria-calenda-primi-sei-mesi-ordinativi-9percento-152915.shtml?uuid=AEU5vsVC>, *Calenda: ora «Impresa 4.0», spazio a competenze e lavoro* 2017
- [7] Stefano Aiello, https://www.digital4.biz/executive/approfondimenti/process-mining-come-funziona-e-in-quali-casi-e-piu-utile_436721510626.htm, *Process Mining, come funziona e quando è più utile* 2017
- [8] Franco canna, <https://www.innovationpost.it>, *Logistica, realtà immersiva e e-commerce: si amplia la platea dei software agevolati* 2017
- [9] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker, *Additive Manufacturing Technologies* 2014
- [10] Beata Mrugalska, Magdalena K. Wyrwicka, www.sciencedirect.com *Towards Lean Production in Industry 4.0* 2017
- [11] Brusa, Cala', Ferretto, *Systems Engineering and Its Application to Industrial Product Development* 2018
- [12] John Wiley, *Power Line Communications, Protocols for PLC Systems* 2010
- [13] <http://www.mista.it>
- [14] Sorma, <https://www.sorma.com/soluzioni-sorma/gestione-della-produzione/>, *Gestione della produzione*
- [15] Mishan Edward J, *Analisi costi- benefici* 1974

[16] Stefano Bonetti, Andrea Pasotti, <https://www.stain.it/news/3-libro-bianco-fabbrica-d-armi-pietro-beretta.html>, *I sistemi MES e l'efficienza aziendale*

[17] Matteo Zanetti, www.asfim.org/la-valutazione-dei-progetti-secondo-il-metodo-dellanalisi-costi-benefici/, *La Valutazione Dei Progetti Secondo Il Metodo Dell'analisi Costi Benefici* 2016

[18] Alessandro Carpinella, http://kdocs.kpmg.it/marketing/Highlights/novembre-2017/KPMG-Comitato-Leonardo_Piano-Impresa-4-0.pdf, *Industria 4.0 per un'Impresa globale: la dimensione del fenomeno, le implicazioni per il Paese, le policy*

8. ALLEGATI CENTRALI