



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Applicazione della Metodologia TPM su una linea  
automatizzata di produzione***

**SINTESI**

---

RELATORI

Prof. Ing. Franco Failli  
*Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale*

Ing. Francesco Cei  
*Vitesco Technologies Italy*

IL CANDIDATO

Ketty Brunetti  
*ketty.brunetti.kb@gmail.com*

Sessione di Laurea Magistrale del 30/09/2020

## **Sommario**

La presente tesi è il risultato del tirocinio svolto presso la Vitesco Technologies Italy Srl, azienda che opera nel settore Automotive e che si occupa della progettazione, produzione e vendita di iniettori. La scelta dei problemi su cui focalizzare l'attenzione è derivata dall'analisi della situazione attuale, attraverso la valutazione dell'efficienza della linea e delle principali voci che causano la riduzione della stessa. Il risultato di questa analisi è che i Machine Breakdown sono la voce che impatta maggiormente sull'efficienza della linea. Considerando che una gran parte dei fermi legati a questa voce è da attribuire ad un solo modulo, si è deciso di effettuare l'analisi FMECA di quest'ultimo, al fine di determinarne le maggiori criticità. Successivamente, si è valutata la modalità con cui venivano gestiti i codici risultati critici, così da comprendere quali fossero i problemi che li rendevano tali. In seguito, si sono individuate azioni di miglioramento con l'obiettivo di trovare una gestione ottimale dei codici, in modo da eliminare o ridurre la probabilità che si verificano i guasti. Le soluzioni identificate ed implementate ci hanno permesso di ottenere un miglioramento delle performance della linea.

## **Abstract**

This thesis is the result of the internship carried out at Vitesco Technologies Italy Srl, a company that operates in the Automotive sector and deals with the design, production and sale of injectors. The choice of problems on which to focus attention is derived from the analysis of the current situation, by evaluating the efficiency of the line and the main items that cause its reduction. The result of this analysis is that Machine Breakdowns are the voice that has the greatest impact on the efficiency of the line. Considering that a large part of the downtime related to this item is to be attributed to a single module, it was decided to carry out the FMECA analysis of the latter, in order to determine the major criticalities. Subsequently, the way in which the codes found to be critical was evaluated, so as to understand what were the problems that made them so. Subsequently, improvement actions were identified with the aim of finding an optimal management of the codes, in order to eliminate or reduce the probability of faults occurring. The solutions identified and implemented have allowed us to obtain an improvement in the performance of the line.

## 1 Contesto di riferimento

Il lavoro di tesi è stato svolto presso la Vitesco Technologies Italy Srl, nello stabilimento di Fauglia (Pisa), dove avviene lo sviluppo e la produzione di iniettori per motori a benzina.

### 1.1 Linea di produzione Long 2

Il lavoro si è concentrato su una linea di produzione monoprodotto: la Linea Long 2, che realizza gli iniettori XL3 Long Daimler. Come si nota dalla Fig. 1, La linea Long 2 è costituita da 13 moduli automatici, più una postazione di controllo visivo ed una di packaging. La disposizione

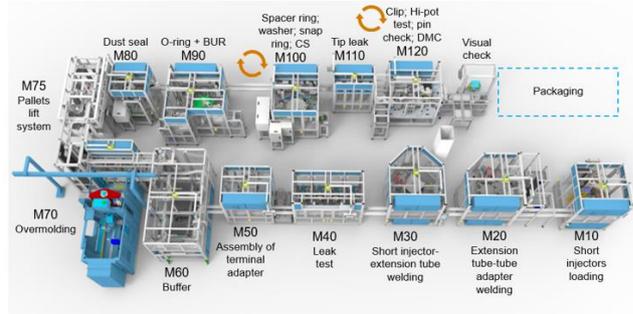


Fig. 1 Layout della Linea Long 2

dei moduli che costituiscono la linea è sequenziale, secondo una struttura ad U, dove i due tratti lineari sono collegati dal Modulo 75, il quale è caratterizzato dalla presenza di un ascensore, che prende i pallet con i WIP e li porta da un tratto all'altro.

### 1.2 Iniettore XL3 LONG

L'iniettore XL3 Long è caratterizzato da un sistema ad iniezione diretta e fa parte della famiglia di iniettori ad alta pressione. Il processo di assemblaggio di questo iniettore parte utilizzando come input, l'iniettore XL3 di tipo "short" (rappresentato a sinistra nella Fig. 2), che viene realizzato da un'altra linea presente all'interno dello stabilimento. Una parte dei prodotti realizzati sulla linea Long 2 è destinata direttamente ai clienti finali, mentre la parte restante viene utilizzata come input delle linee M282 (reparto Fuel Rail), dove vengono montati sui rail.

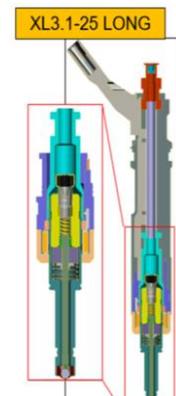


Fig. 2 A sinistra l'iniettore "short" ed a destra l'iniettore "long" XL3

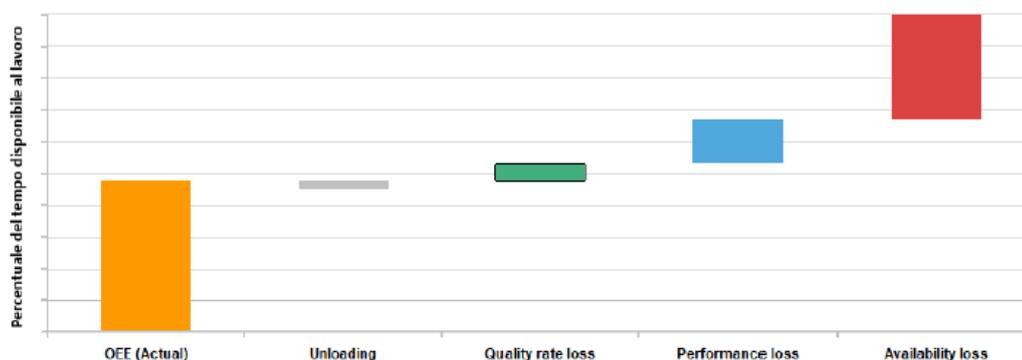
### 1.3 Obiettivo della tesi

Lo scopo del lavoro su cui si è basata la tesi è quello di riuscire ad ottenere un miglioramento significativo dell'efficienza della linea di produzione, attraverso la riduzione dei problemi che impattano di più su quest'ultima.

## 2 Step seguiti

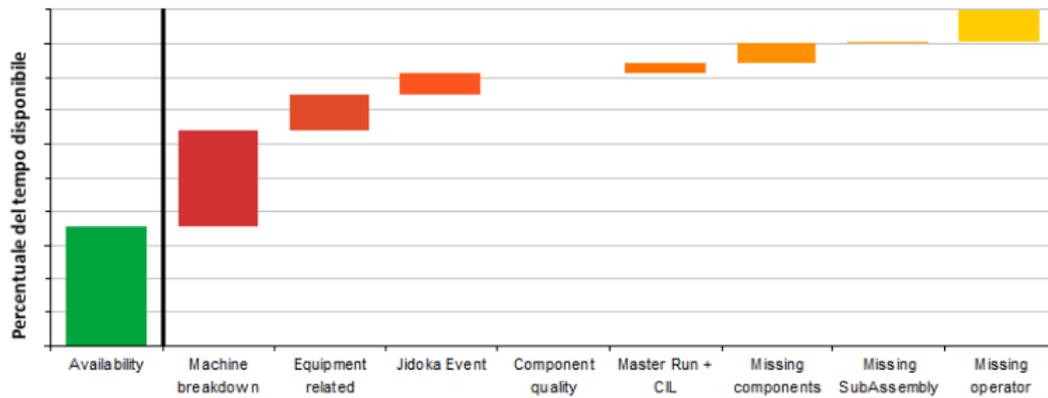
### 2.1 Fase 1: Analisi situazione attuale e individuazione del problema da aggredire

Nel periodo iniziale di svolgimento del tirocinio, oltre alle riunioni condotte quotidianamente in azienda, sono state svolte anche delle riunioni straordinarie. A quest'ultime hanno partecipato: il Responsabile di Produzione, il Referente della Manutenzione, il Controllo Qualità, il TPM Engineer ed il Process Engineer. Le riunioni sono state richieste dal Responsabile di Produzione, in quanto negli ultimi tre mesi, si era verificato un elevato incremento dei costi dovuti alla mancanza di produzione. Per individuare il problema da aggredire, si è partiti dall'analisi della situazione AS-IS, prendendo come riferimento l'intervallo di tempo che intercorre dall'uno dicembre all'uno Marzo. Si è utilizzato come indicatore l'OEE, il quale dà una misura dell'efficienza della linea di produzione ed è pari al rapporto tra il tempo operativo utile, cioè il tempo impiegato per realizzare pezzi conformi, ed il tempo disponibile per il lavoro, ovvero il tempo che l'impianto avrebbe realmente a disposizione per poter produrre. È fondamentale analizzare i fattori che impattano sull'efficienza della linea, al fine di poterla migliorare. In azienda è presente un database che viene utilizzato sia dagli operatori, per l'inserimento delle informazioni, sia dagli ingegneri che si occupano di estrarre ed analizzare i dati. I risultati ottenuti sono i seguenti:



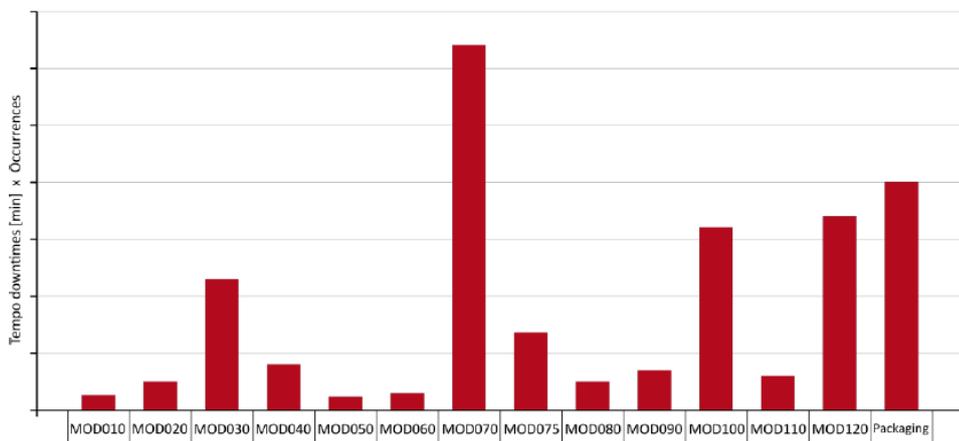
*Fig. 3 Efficiency deployment*

Nella Fig. 3 è possibile vedere lo stato attuale dell'efficienza della linea e la rilevanza delle diverse voci di perdita (Quality rate loss, Performance loss e Availability loss). La voce Unloading non è considerata nel calcolo dell'OEE, poiché fa riferimento alle perdite esterne alla macchina e ad alcune fermate pianificate, ma viene rappresentata in figura, in quanto permette di capire come lavora la linea. La perdita che incide maggiormente sull'efficienza della linea è l'**Availability loss**. Dettagliando questa voce (nella Fig. 4) è possibile vedere come viene suddiviso il 100% del tempo disponibile per la produzione:



**Fig. 4 Availability Deployment**

Le voci che non rientrano nell' Availability rappresentano i tempi in cui effettivamente non si produce e tra questi, la perdita maggiore è da associare a Machine Breakdown. Nella Fig. 5 si è dettagliata la voce relativa a Machine Breakdown, rispetto ai moduli della linea (asse orizzontale) e di ciascuno è possibile comprenderne la criticità, attraverso il prodotto tra il tempo dei downtimes e l'occorrenza con cui si manifestano i fermi (asse verticale):



**Fig. 5 Rappresentazione della criticità di ciascun modulo della linea, valutata in termini di prodotto tra il tempo di downtimes e occorrenza**

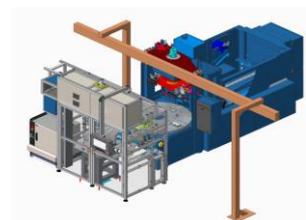
Il modulo più critico risulta essere senza dubbio il modulo 70.

## 2.2 Fase 2: Analisi cause di guasto e identificazione delle criticità

### 2.2.1 Modulo critico

Si è deciso di effettuare un'analisi relativa alle cause di guasto del modulo risultato critico.

Quest'ultimo, come illustrato nella Fig. 6, ha un layout a pianta rettangolare, la cui struttura può essere considerata fatta da due macrogruppi: -Sistema di movimentazione, costituito da un



**Fig. 6 Modulo 70**

Robot, che preleva gli iniettori dal nastro trasportatore e li posiziona su uno stampo presente sulla tavola rotante;

-Costampatrice (denominata “Engel”), la quale permette di effettuare l’overmolding degli iniettori.

### 2.2.2 Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)

La FMECA è la tecnica utilizzata per identificare i componenti più critici del modulo, al fine di poter agire su quest’ultimi. Passi seguiti:

1. Nella Fig. 7, è schematizzata la logica utilizzata per effettuare una breakdown structure del modulo 70 (Livello I), fino ad individuare i componenti che vengono sostituiti in caso di guasto o che possono essere tenuti sotto controllo (Livello V). Non si sono considerati tutti i componenti presenti nella distinta base della macchina o dei suoi sottoassiemi, ma solo quelli ritenuti significativi e cioè: codici

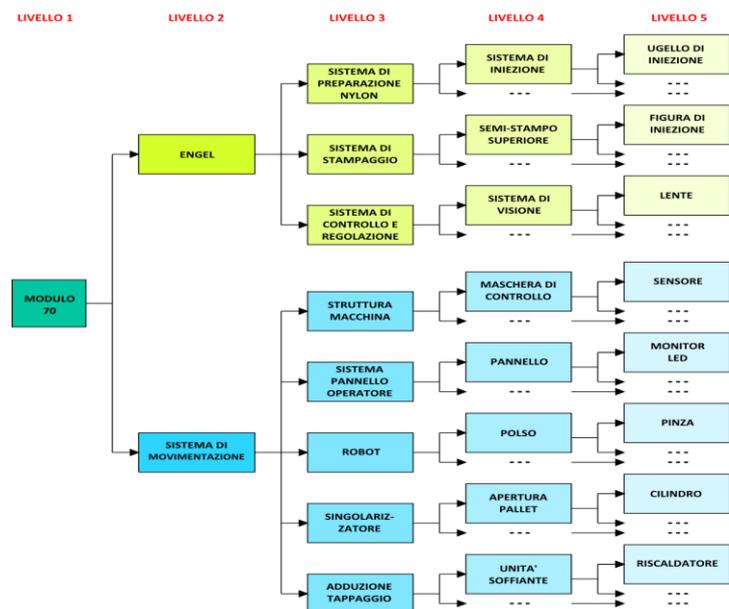


Fig. 7 Breakdown Structure del Modulo 70

che possono generare rallentamenti o fermi della produzione; codici che possono portare a problemi in termini di sicurezza; codici che hanno alte possibilità essere soggetti a guasto.

2. Si sono estratti dal Database aziendale tutti i dati relativi ai guasti del modulo che si sono verificati da quando la linea è stata introdotta in azienda;

3. La fase successiva è stata quella relativa all’analisi delle voci di guasto indicate nel Database e consultando anche i manuali delle macchine del modulo ed i tecnici che lavorano sulla linea, è stato possibile determinare: modi, cause ed effetti di guasto. Per la definizione di quest’ultimi è stato fondamentale ricorrere all’esperienza del personale esperto ed in particolare, sono stati coinvolti due operatori specializzati, tre manutentori, il referente della manutenzione ed un Process Engineer.

4. Sono state elaborate, in relazione al contesto di riferimento, le tabelle (Tab.1, Tab.2, Tab.3) relative a Severity, Detection e Occurrence e sulla base di queste tabelle si è effettuata un'analisi dei guasti, considerando i tempi di fermo, gli impatti e le occurrence di ciascun modo di guasto:

Rilevabilità	Probabilità di rilevazione tramite controllo di processo	Valore
Quasi impossibile	Il personale che opera sulla linea ed i sistemi di verifica e di controllo non riescono a rilevare il guasto prima che questo induca il fermo modulo	10
Molto remota	L'operatore non si trova in prossimità del componente coinvolto, ma l'origine del guasto potrà essere rilevata solo quando non sarà comunque più possibile prevenirne il verificarsi	9
Remota	L'operatore si trova in prossimità del componente coinvolto, ma l'origine del guasto potrà essere rilevata solo quando non sarà comunque più possibile prevenirne il verificarsi	8
Molto bassa	L'operatore non è sempre in prossimità del componente coinvolto, ma se si trova nei pressi del modulo può accorgersi dell'origine del guasto se effettua un attento controllo visivo	7
Bassa	L'operatore non è sempre in prossimità del componente coinvolto, ma se si trova nei pressi del modulo può accorgersi dell'origine del guasto, in quanto facilmente visibile	6
Moderata	L'operatore non è sempre in prossimità del componente coinvolto, ma può rilevare l'origine del guasto, grazie alla presenza di precursori	5
Moderatamente alta	Sono molto alte le probabilità che l'operatore, anche se non è sempre presente in prossimità del componente coinvolto, riesca a rilevare l'origine del guasto mediante sistemi di controllo automatizzati	4
Alta	Sono molto alte le probabilità che l'operatore, che è sempre presente in prossimità del componente coinvolto, riesca a rilevare l'origine del guasto mediante sistemi di controllo automatizzati	3
Molto alta	L'operatore si trova sempre in prossimità del componente coinvolto e può rilevare e prevenire l'origine del guasto, grazie alla presenza di precursori (es. rumore, allarmi...)	2
Quasi certa	Quasi sicuramente sarà possibile prevenire il verificarsi di un guasto, in quanto c'è sempre un operatore in prossimità del componente coinvolto, che può identificare ed agire sull'origine di un potenziale guasto	1

Tab. 3 Detection

Effetto	Conseguenze di un guasto qualora accadesse	Valore
Molto Pericoloso	Conseguenze molto gravi che impattano sul funzionamento della linea, con ripercussioni che possono compromettere la sicurezza dell'ambiente e delle persone. → fermi superiori a 24 ore	10
Pericoloso	Conseguenze molto gravi che impattano sul funzionamento della linea, con ripercussioni che possono compromettere la sicurezza dell'ambiente e delle persone. → fermi superiori a 8 ore	9
Molto Alto	Si blocca la linea a causa di un guasto "distruttivo" (che può danneggiare l'attrezzatura stessa o quelle circostanti), ma non impatta sulla sicurezza → fermi superiori a 4 ore	8
Alto	Il guasto genera un fermo macchina per una durata maggiore di un'ora	7
Moderato	Il guasto genera un fermo macchina per una durata compresa in un range che va dai trenta minuti ad un'ora	6
Basso	Il guasto implica un fermo macchina con durata inferiore ai trenta minuti	5
Molto basso	Il guasto causa la creazione di scarti	4
Secondario	Il guasto non blocca il funzionamento del processo ma genera un peggioramento in termini prestazionali (rallentamento della produzione)	3
Molto secondario	Sulla linea si verificano delle microfermate, ma nessun effetto significativo sulle prestazioni	2
Nessuno	Il guasto non ha effetti rilevanti in termini prestazionali sul funzionamento della linea	1

Tab. 1 Severity

Probabilità di guasto	Incidenza nel tempo	Valore
Guasto altamente probabile	Dieci o più volte al mese	10
	Otto o più volte al mese	9
	Sei o più volte al mese	8
Guasto probabile	Quattro o più volte al mese	7
	Due o più volte al mese	6
	Una volta o più al mese	5
	Una volta o più ogni tre mesi	4
Guasto improbabile	Una o più volte ogni sei mesi	3
	Una o più volte l'anno	2
Guasto altamente improbabile	Si verifica dopo più di 13 mesi	1

Tab. 2 Occurrence

5. Si è calcolato così, il Risk Priority Number, che è pari al prodotto tra Severity, Occurrence e Detection.

6. Si sono considerati critici tutti i componenti che hanno un valore di RPN  $\geq$  RPN soglia. Quest'ultima è stata fissata a 105, cioè al primo RPN che risulta essere maggiore del valore dato dalla somma tra la media e la

LIVELLO 5	MODO	CAUSA	EFFETTI	S	O	D	RPN
TERMOREGOLATORE 2	rottura/danneggiamento circuiti termoregolatore	collegamenti entrata-uscita di olio in semi-stampo iniezione scollegati/danneggiati	pezzo non conforme/pezzo bloccato	6	6	9	324
TERMOREGOLATORE 1	rottura/danneggiamento circuiti termoregolatore	collegamenti entrata-uscita di olio in semi-stampo iniezione scollegati/danneggiati	pezzo non conforme/pezzo bloccato	6	6	9	324
UGELLO D'INIEZIONE	ugello bloccato	accumulo nylon	nylon non arriva negli stampi	6	7	7	294
PARATHA	paratia bloccata	problemi rilevazione segnale	blocca costampatura	5	6	6	180
SENSORE INDUTTIVO PNP NA M4 CONN. M8	assenza segnale	rottura circuito interno/assenza collegamento	non viene effettuata la lettura	7	5	4	140
SENSORE MAGNETICO MMS22-SPM8	assenza segnale	rottura circuito interno/assenza collegamento	non viene effettuata la lettura	6	5	4	120
SEDI UGELLI	otturazione sedi ugelli	sporizia(residui nylon)	overmolding bloccato	6	5	4	120
CILINDRO STOPPER DFSP-20-15-S-PA	movimento bloccato	usura componenti interni/sporizia	errata gestione minipallet	5	6	4	120
CONNETTORE FEMM. DIRITTO M8 3 PIN	usura/scollegamento connettore	rottura circuito interno/assenza collegamento	manca segnale al sensore	7	4	4	112
MANIFOLD	usura/malfunzionamento manifold	deterioramento/variazione temperatura	distribuzione errata nylon tra figure (pezzo non conforme)	7	3	5	105

Tab. 4 alcune righe estratte della tabella FMECA

deviazione standard degli RPN di tutti i componenti. Si è deciso di utilizzare una soglia dinamica, che vari al variare dell'RPN, così da rendere lo strumento utile nell'ottica di un miglioramento continuo. Nella *Tab. 4* sono presenti alcune delle 160 righe della FMECA.

### 2.3 Fase 3: Azioni di miglioramento

Le esigenti richieste da parte del mercato rendono necessaria l'identificazione di interventi atti a garantire il continuo miglioramento dell'affidabilità dei prodotti e della capacità qualitativa dei processi. Dopo aver identificato i componenti più critici, si è cercato di definire interventi e metodi efficaci che permettano di ridurre il più possibile la probabilità che si verifichino guasti o anomalie sulla linea. Alcune delle azioni attuate sono:

- **Ugello di iniezione** → Questo ha un'occorrenza elevata. Spesso si verifica un accumulo di nylon, il quale depositandosi in corrispondenza dell'ugello, impedisce il passaggio di altro materiale e ciò blocca il processo di stampaggio ad iniezione. La causa dei fermi è da attribuire all'assenza di un'adeguata pulizia.

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** L'attività di pulizia dell'ugello di iniezione veniva effettuata solo nel momento in cui si verificava il fermo.

**Soluzione proposta ed implementata:** Si è deciso di introdurre un Timer, il quale tramite un segnale (visivo e sonoro), avvisa l'operatore della necessità di effettuare la pulizia dell'ugello. Per valutare la frequenza con cui far attivare il timer, data l'impossibilità di fare previsioni attendibili sul lungo periodo, si è calcolato il valore dell'MTBF, considerando gli ultimi tre mesi lavorativi e si è visto che è pari a circa 400 minuti. Si è stabilito di impostare il timer ad una frequenza pari a 300 minuti. Questa scelta è stata presa in modo da essere cautelativi. Inoltre, la pulizia dell'ugello richiede pochi minuti per essere effettuata e non impatta sul carico di lavoro dell'impianto.

- **Termoregolatore:** Dall'analisi dei dati storici è emerso che i guasti non coinvolgono la struttura del termoregolatore, ma si concentrano sul circuito di termoregolazione e cioè sui tubi flessibili e sugli innesti che servono per collegare il termoregolatore con gli stampi. Dal Database è stato possibile ricavare i dati relativi a questi fermi e si è visto che si verificano gruppi di fermi con una cadenza regolare. Nel dettaglio:



*Fig. 8 Distribuzione nel tempo dei fermi dovuti al circuito di termoregolazione*

Dalla *Fig. 8*, si vede che ci sono stati più fermi concentrati in pochi giorni in un mese e poi, dopo l'intervento, sono passati altri mesi prima che si verificassero altri fermi (sempre concentrati). Da questo si è dedotto che non si è intervenuti al primo segnale di deterioramento, ma si è atteso che il guasto richiedesse la ormai inevitabile sostituzione del circuito di termoregolazione. Ciò ha comportato perdite davvero rilevanti sulla linea, poiché non si sono sfruttati i segnali di allarme derivati da piccole perdite di olio.

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Gli interventi venivano fatti quando il guasto generava un blocco irreversibile della linea (manutenzione a guasto).

**Soluzione proposta ed implementata:** Gli interventi effettuati sono i seguenti: -Inserimento nella CIL di un'azione di controllo visivo, in modo che, qualora si verifici un qualsiasi segno di deterioramento dei flessibili o una perdita dei circuiti di termoregolazione, gli operatori si dovranno rivolgere immediatamente al Capoturno, il quale dovrà programmare al più presto un intervento di sostituzione dell'elemento danneggiato;

-Programmazione su SAP di interventi preventivi (a carico del manutentore) per la sostituzione dei circuiti del termoregolatore ogni 180 giorni. La frequenza è stata scelta sia in relazione ai dati storici, dai quali si evince che si sono verificati nel tempo guasti multipli ma a cadenza semestrale e sia in considerazione del fatto che si potrà far coincidere questo intervento con quello già programmato per il cambio dell'olio del termoregolatore, sfruttando così un solo fermo del modulo.

• **Paratia (vassoio di iniezione):** Questo componente è previsto di Default dalla Engel e serve per proteggere l'operatore dal materiale che fuoriesce dall'ugello. I frequenti fermi macchina erano dovuti ad errati posizionamenti della paratia.

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Inizialmente era previsto lo spostamento automatico del vasoio di iniezione per i seguenti movimenti:

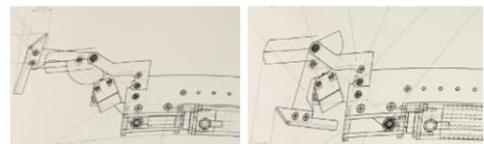
-vassoio chiuso (a sinistra nella *Fig.9*) quando l'ugello era in corrispondenza degli stampi;

-vassoio aperto (a destra nella *Fig.9*) al termine della

iniezione e durante tutto il tempo in cui l'ugello indietreggia o avanza fino agli stampi;

-vassoio aperto quando viene impostata la modalità di funzionamento in manuale e rimane aperto fino alla chiusura del riparo di protezione dell'unità di iniezione.

**Soluzione proposta ed implementata:** La funzione principale della paratia è quella di garantire la sicurezza agli operatori ma, in questo contesto, il modulo è chiuso da ripari di protezione. Per cui, si è stabilito di far azionare la paratia solo nel caso in cui viene impostato



**Fig. 9 Paratia**

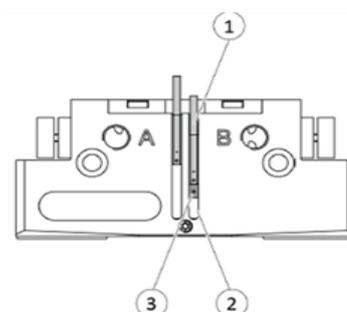
il modulo in modalità di funzionamento manuale. Per fare ciò è stato necessario l'intervento dell'azienda fornitrice del macchinario (Engel) che si è occupata di effettuare la modifica e di certificare che il cambiamento messo in atto non comprometta la sicurezza degli operatori. Dopo quest'intervento non è più stato rilevato alcun guasto relativo a questo componente.

- **Sensori e connettori montati sulle pinze che effettuano il carico e lo scarico materozze:** Dall'analisi svolta è emerso che i fermi legati a questi due componenti sono correlati e che la causa di questi è dovuta a danneggiamenti dei cablaggi a cui sono collegati.

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Non era previsto alcun tipo di intervento su questi componenti. Per i cablaggi invece era prevista un'ispezione mensile che veniva effettuata durante la manutenzione preventiva del robot ABB.

**Soluzione proposta ed implementata:** Si è effettuata la sostituzione dei cavi ed è stato trovato un modo per bloccare il più possibile il loro movimento durante gli spostamenti del Robot. In seguito, è stata inserita un'azione nella CIL per fare in modo che, ad ogni inizio turno, gli operatori controllino il corretto posizionamento e stato dei cablaggi. Gli operatori sono stati formati tramite una video istruzione che illustra il corretto movimento che deve essere fatto dal robot e la giusta posizione di cavi e connettori. Queste azioni hanno fatto sì che, nel mese di agosto, non si è verificato alcun fermo che ha coinvolto questi componenti.

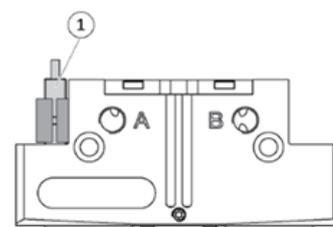
- **Sensori montati sulle pinze inferiori del Robot:** Questi componenti hanno una Severity molto alta perché, quando si verifica il fermo, i tempi per ripristinare le condizioni di funzionamento sono elevati. Come si vede dalla Fig. 10, per montare un sensore sulla pinza è necessario rimuovere il tassello (3) in modo da inserire il sensore (1) nella scanalatura (2) e ciò, oltre a richiedere tempi elevati, può causare anche danneggiamenti al sensore stesso.



**Fig. 10 Sensore magnetico nella scanalatura della pinza del robot**

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Non era previsto alcun tipo di intervento su questi componenti.

**Soluzione proposta ed implementata:** Tra tutti i sensori adattabili alle pinze, oltre a quello già in uso, si è identificato un altro sensore che ha un costo simile a quello del sensore magnetico ed è il sensore induttivo. Questo tipo di sensore ha un considerevole vantaggio derivato dal suo posizionamento



**Fig. 11 Sensore induttivo sulla pinza del robot**

(Fig. 11), richiede infatti, tempi di intervento e di montaggio/smontaggio nettamente

inferiori rispetto al sensore attualmente in uso. Considerando che in azienda c'è un'altra linea (linea Long 1), in cui vengono utilizzate le stesse pinze della linea Long 2, ma con sensori induttivi, si è deciso di effettuare un'analisi sui fermi del modulo di questa linea. Dai dati storici estratti ed analizzati dalla linea Long 1, utilizzando come riferimento le tabelle di Severity, Occurrence e Detection viste sopra, si è calcolato il valore di RPN per questo sensore e si è confrontato con quello del sensore magnetico utilizzato su Long 2 (Tab.2):

Formula RPN	$RPN = S \times O \times D$
Sensore induttivo	$RPN = 5 \times 4 \times 4 = 80$
Sensore Magnetico	$RPN = 6 \times 5 \times 4 = 120$

Dalla Tab. 5, come ci si aspettava, si nota che non solo il valore dell'occurrence è inferiore, in più, i tempi di intervento sono molto più ridotti. In conclusione, si è

deciso proprio di utilizzare gli stessi sensori presenti sulla linea Long 1. Avendoli già disponibili, è stata effettuata la sostituzione ed è stato incrementato il numero di componenti da avere a scorta dato che adesso vengono utilizzati per entrambe le linee.

- **Cilindretti stop pallet:** Spesso l'impatto tra il pallet ed il cilindretto provoca un deterioramento del materiale a contatto che, accumulandosi sul nastro trasportatore, può creare dei problemi alla circolazione dei pallet o al movimento dei cilindretti.

**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Per questi componenti era prevista, ogni 90 giorni, la pulizia a carico dei manutentori (manutenzione preventiva).

**Soluzione proposta ed implementata:** Si sono programmati interventi di pulizia approfonditi che coinvolgono: i cilindretti di stop pallet, i conveyor ed il nastro trasportatore. Queste operazioni ora non sono più a carico dei manutentori, ma vengono svolte dagli operatori con una frequenza di 1 o 2 volte a settimana in base alla turnazione (varia se si lavora a 3, a 4 o a 5 turni). È stata effettuata una video istruzione per formare gli operatori.

- **Manifold:** Quando si verifica un guasto, questo componente genera dei fermi macchina elevati ed infatti, ha un valore di Severity molto alto. Se il guasto riguarda gli ugelli del manifold, l'intervento viene effettuato dai manutentori di linea, mentre se il problema coinvolge il corpo del Manifold, è necessario inviare il componente all'azienda fornitrice. Analizzando i dati, si è constatato che solo una volta all'anno c'è stata la necessità di inviare il componente all'azienda fornitrice. Quando ciò è avvenuto, ha generato un fermo persistente a causa dell'elevato tempo di montaggio e smontaggio del manifold, comprensivo anche dei tempi di attesa della manutenzione. In particolare, i problemi che hanno portato ad un inutile incremento dei tempi di intervento sono:

- necessità della disponibilità di almeno due manutentori specializzati;
- le competenze per effettuare tale intervento erano possedute solo da un manutentore della linea, che nello specifico momento in cui si è verificato il fermo, era assente.

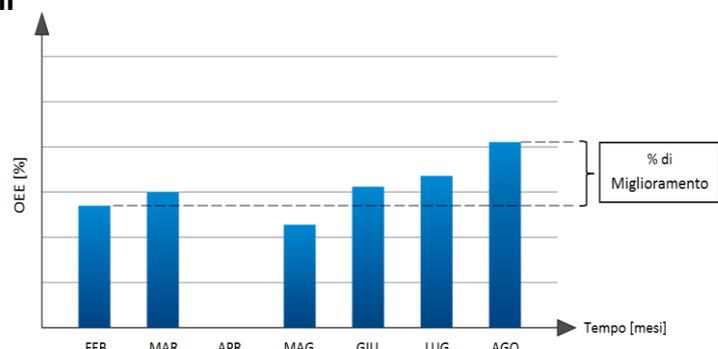
**Gestione del componente prima delle azioni di miglioramento:** Per questo componente era prevista una gestione a rottura: quando avveniva un’avarìa si contattava l’azienda fornitrice. Ciò comportava tempi di attesa variabili in base alla disponibilità dei fornitori.

**Soluzione proposta ed implementata:** Per gestire questo problema si è deciso di:

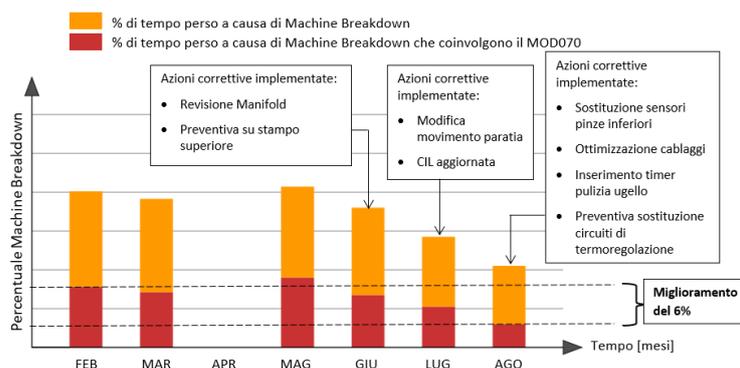
- Programmare una revisione dal fornitore una volta l’anno per prevenire fermi macchina;
- Effettuare una Video Istruzione per formare i manutentori sul montaggio/smontaggio.

### 3 Risultati ottenuti e Conclusioni

Dopo aver messo in atto gli interventi di cui sopra, si può constatare un incremento dell’OEE nel tempo (Fig.12), senza tenere conto dei periodi di Aprile e Maggio che sono stati caratterizzati dalla chiusura aziendale, dovuta all’emergenza sanitaria in corso.



**Fig. 12 Andamento dell'OEE nei mesi in cui è stato svolto il tirocinio e focus sul miglioramento riscontrato**



**Fig. 13 Andamento del valore % di Machine Breakdown, con focus sui miglioramenti riscontrati sul modulo 70**

L’incremento del valore dell’OEE è sicuramente legato ad una riduzione della componente di Machine Breakdown. I miglioramenti apportati hanno inciso notevolmente sulla riduzione di questa voce, infatti

Dalla Fig.13 è possibile notare una rilevante riduzione dei tempi di fermo a causa dei guasti dovuti al modulo 70. Non tutte le azioni implementate hanno permesso di riscontrare degli immediati effetti sull’efficienza della linea e proprio per questo, ci si aspetta che, nel corso dei prossimi mesi, la percentuale di miglioramento aumenti. In conclusione, attuando le giuste azioni, è possibile ridurre notevolmente i tempi di fermo macchina, andando così a migliorare le performance della linea.