



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica
Anno Accademico 2023/2024
Sessione di Laurea ottobre 2024

Studio di progettazione e messa in opera di una linea di assemblaggio per il settore automotive

Relatori:
Eleonora Atzeni

Candidato:
Luca Di Simone

Indice

CAPITOLO 1: World Class Manufacturing	4
1.1 LEAN THINKING	5
1.2 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE	12
1.3 TOTAL QUALITY MANAGEMENT.....	18
1.4 COST DEPLOYMENT	20
1.5 LE CARATTERISTICHE DEL WCM	22
CAPITOLO 2: ESPERIENZA DI TIROCINIO.....	45
2.1 ENTE DI SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO.....	45
2.2 STORIA DELL'AZIENDA.....	47
CAPITOLO 3: PROGETTO	49
3.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO.....	49
3.2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO	52
3.3 DESCRIZIONE DELLA LINEA DI ASSEMBLAGGIO	57
CAPITOLO 4: ANALISI TEORICA DELLA LINEA	71
4.1 ANALISI DELLE CRITICITA'.....	71
4.2 ANALISI TEMPI CICLO	76
4.2.1 <i>Valori Ottenuti</i>	81
4.3 ANALISI DEI TEMPI PER LA SOLUZIONE PROPOSTA.....	86
4.4 VANTAGGI DELLA TRANSIZIONE DA TRE A DUE TURNI.....	89

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI 100

CAPITOLO 6: BIBLIOGRAFIA 101

1. WORLD CLASS MANUFACTURING

Per World Class Manufacturing (WCM) si intende una filosofia aziendale il cui principale scopo è quello di ottimizzare l'efficienza e la creazione di valore aggiunto in ambito di produzione industriale. Ideato negli stati Uniti tra gli anni '80 e '90, è stato importato in Italia Grazie a FIAT intorno al 2005. Il WCM nasce dalla fusione di tre approcci aziendali precursori nel processo di rivoluzione dei processi produttivi:

- **Lean Thinking**
- **Total Productive Maintenance (TPM)**
- **Total Quality Management (TQM)**

Caratteristica distintiva del WCM, rispetto alle metodologie aziendali sopracitate, è la scelta e l'importanza data a determinate problematiche del processo produttivo. Il World Class Manufacturing approfondisce la filosofia di ottimizzazione della produzione aziendale introducendo uno dei suoi pilastri fondamentali, il “**Cost Deployment**”.



Figura 1

1.1 Lean thinking

Il Lean thinking [4] rappresenta un concetto utilizzato per ottimizzare e massimizzare il valore aggiunto del processo produttivo focalizzandosi sulla riduzione degli “sprechi”, ovvero tutto ciò che non comporta creazione di valore aggiunto in ambito aziendale. Il concetto di Lean thinking è stato visto per la prima volta intorno agli anni '90 grazie al libro "The Machine That Changed the World" di James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos. È interessante notare come siano state messe in risalto le differenze tra le filosofie aziendali adottate in occidente e in oriente, evidenziando tra tutte l'approccio metodico e sistematico adottato da parte di Toyota intorno agli anni '40 con il suo Toyota Production System (TPS), il quale deve la sua nascita al lavoro svolto da Henry Ford durante la rivoluzione industriale.

Rivoluzionaria fu la capacità della casa automobilistica nipponica di adattare il metodo Ford alle differenti esigenze del mercato giapponese, il quale richiedeva maggiore flessibilità degli impianti e disponeva di minori risorse a livello di infrastrutture.

Il Lean thinking è basato su quattro pilastri fondamentali per la gestione aziendale:

- **Centralità del cliente:** ogni componente della “macchina” azienda deve essere totalmente focalizzato sulla creazione di Valore Aggiunto nei confronti del cliente finale. A tal proposito è necessario puntualizzare che per “cliente finale” si intende anche ciò che si trova a valle di un sottoprocesso produttivo interno all'azienda; quindi, possiamo introdurre il concetto di “cliente interno”, ovvero il destinatario della lavorazione successiva. È possibile e necessario estendere questo

ragionamento non solo ai prodotti fisici del processo aziendale ma anche all'ottimizzazione della rete di informazioni all'interno dell'azienda e in senso lato alla cultura aziendale nella sua totalità.

- **Contributo delle persone:** fondamentale per la massimizzazione dell'efficienza aziendale risulta essere la gestione della collaborazione uomo-macchina; quindi, è necessario ricercare il maggiore coinvolgimento possibile del personale umano mettendo a disposizione dei piani di formazione continua del personale e creando un ambiente di lavoro ottimale.
- **Miglioramento Continuo:** la filosofia corretta nella gestione aziendale risulta essere la costante ricerca del miglioramento; è impossibile raggiungere la perfezione all'interno di un processo produttivo, ma l'approccio ottimale è individuare criticità e sprechi per focalizzarsi sulla costante ricerca dell'ottimizzazione aziendale.
- **Lotta agli sprechi (MUDA):** anche questo è un pilastro fondamentale del lean thinking, in quanto per raggiungere un grado di ottimizzazione del processo produttivo perlomeno soddisfacente, risulta imprescindibile affinare la capacità di individuare ed eliminare ogni sorta di spreco, il cui effetto è solamente quello di sottrarre valore aggiunto al prodotto finale.

Il Lean thinking propone cinque principi fondamentali in ottica di applicazione della filosofia proposta:

- **Value:** per massimizzare la creazione di Valore aggiunto e ridurre gli sprechi, risulta necessario ridefinire il concetto di “valore”.
- **Map:** è fondamentale adoperare un processo di mappatura del flusso di valore per minimizzare gli sprechi all’interno del processo produttivo.
- **Flow:** focalizzarsi sull’eliminazione di interruzioni straordinarie del processo produttivo al fine di ottimizzare i tempi di produzione.
- **Strategia Pull:** rivoluzionare la gestione della domanda cominciando a lavorare in funzione della domanda del cliente, invece di concentrarsi sulla previsione preventiva degli ordini da evadere.
- **Perfection:** per far fronte alle esigenze del cliente è necessario mirare ad una costante ricerca dell’ottimizzazione del processo produttivo.



Figura 2

Ad ogni principio corrisponde una tecnica specifica:

- **Voice of Customer (VOC)** per il principio Value.
- **Value Stream Map (VSM)** per il principio Map.
- **5S** per il principio Flow.
- **Kanban** per il principio Pull.
- **Kaizen** per il principio Perfection.

Di seguito si andrà ad approfondire punto per punto per rendere più chiaro quanto citato.

- la **Voice of the Customer** è il processo tramite il quale le esperienze dei clienti possono essere raccolte, analizzate e condivise all'interno di un'impresa. Il VOC è uno degli strumenti principali per ottenere un vantaggio competitivo: con una visione più precisa dei desideri dei clienti è possibile allineare la propria offerta alle loro esigenze [1].

È fondamentale, quindi, raccogliere informazioni direttamente dal cliente; inizialmente, in tal senso, sono stati adoperati vari metodi che possono essere definiti come una sorta di intervista a campione. Successivamente, grazie al progresso tecnologico, è stato possibile ampliare la portata delle informazioni acquisite tramite sondaggi online. Ciò è fondamentale perché risulta possibile soddisfare direttamente le esigenze del singolo cliente

- La **Value Stream Mapping** [2], che si può tradurre come Mappatura della Catena di Valore, non fa altro che mappare graficamente ogni parte del processo produttivo, dalla ricezione della materia prima da parte del fornitore fino alla consegna del prodotto finito al cliente. L'obiettivo di questa analisi è quello di ricercare un costante miglioramento di ogni sezione del processo produttivo principalmente attraverso due strumenti che sono i pilastri di questa metodologia di approccio:
 - **Current State Map** : tramite la mappatura del flusso di valore, definisce il lead time del processo produttivo, ovvero il tempo necessario per la trasformazione da materia prima a prodotto finito.
 - **Future state Map**: a partire dalla Current State Map viene prodotta una seconda mappa del flusso di valore che ha come compito la correzione degli eventuali errori e difetti generatisi nella prima stesura della mappa, tutto ciò finalizzato alla creazione di un flusso teso ed equilibrato necessario a soddisfare le esigenze del cliente.
- Per **5S** si intende un approccio sistematico che in cinque passaggi mira all'ottimizzazione del processo produttivo con un conseguente incremento dell'efficienza dell'impianto produttivo. Il nome di tale metodo deve il nome alle iniziali dei cinque pilastri delineati da Toyota:

- **Seiri - separare:** separa ciò che ti serve da ciò che non è funzionale all'attività e quindi crea disturbo e disordine; quindi, spreco di tempo o di risorse (Muda);
 - **Seiton - riordinare:** metti a posto tutto quello che è utile, il vecchio motto "ogni cosa al suo posto e un posto per ogni cosa";
 - **Seiso - pulire:** tieni tale ordine costante e pulisci, un ambiente pulito ed ordinato è un ambiente che "non nasconde" le inefficienze;
 - **Seiketsu - sistematizzare o standardizzare:** definisci delle metodologie ripetitive e canonizzate da utilizzare per continuare queste attività di razionalizzazione delle risorse e degli spazi lavorativi;
 - **Shitsuke - diffondere o sostenere:** fai che questo modo di pensare ed agire sia pervasivo per tutte le attività aziendali; [3]

 - Il termine **Kanban** [4] è definito come un sistema di circolazione delle informazioni sistematizzato in grado di controllare gli ordini di produzione e di approvvigionamento. Questo approccio produttivo si basa su una logica di produzione di tipo *pull*, ovvero organizzare la produzione successivamente alla ricezione dell'ordine da parte del cliente, senza prevedere in alcun modo la domanda.
- A livello pratico questa metodologia di lavoro si traduce nell'utilizzo di cartellini fisici colorati che cercano di massimizzare l'efficienza del flusso di

informazioni per l'approvvigionamento delle materie prime a monte di ogni sottoprocesso di lavorazione.

I cartellini si dividono in due tipologie:

- **Kanban di trasporto:** indica la quantità di prodotti da rifornire per realizzare il successivo processo della catena.
- **Kanban di produzione:** viene utilizzato per richiedere la fabbricazione di un articolo.

Segue uno schema per rendere più chiaro quanto esposto precedentemente:



Figura 3

- Per **Kaizen** si intende una filosofia aziendale volta al costante miglioramento, sotto tutti i punti di vista, dell'intera azienda. In giapponese il termine significa "miglioramento", e cerca di trasmettere l'impegno ad ogni componente dell'azienda, che sia umano o macchina, di ricercare anche il minimo miglioramento purché sia giornaliero. Ciò in senso lato dovrebbe coinvolgere ogni aspetto della vita del lavoratore: vita privata, sociale e professionale.

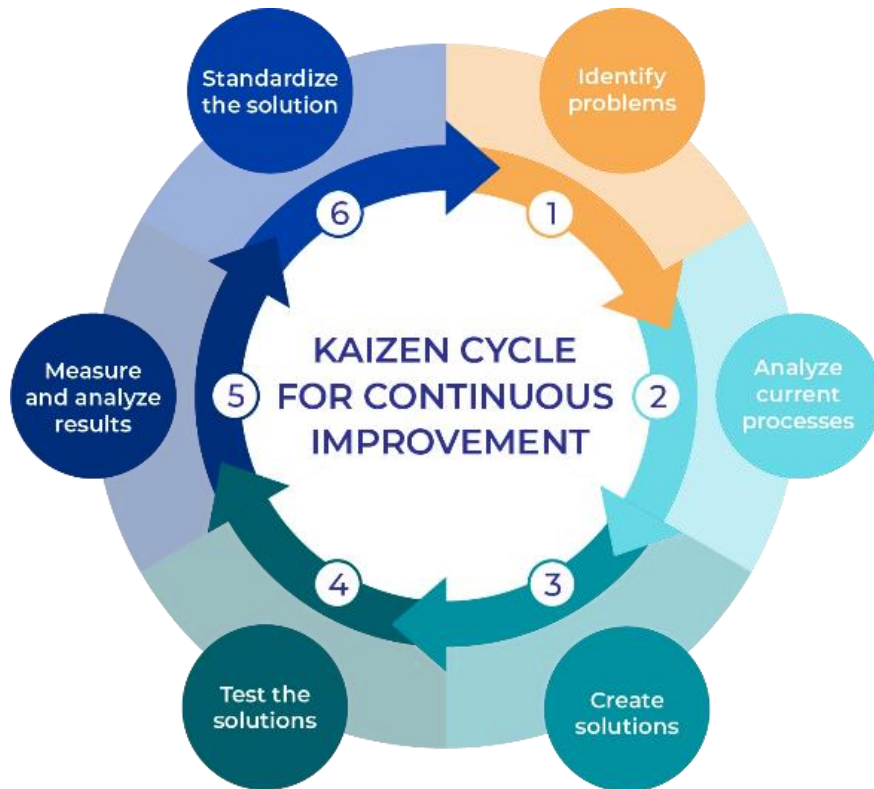


Figura 4

1.2 Total Productive Maintenance (TPM)

Per **Total Productive Maintenance**, altresì nota come TPM, si intende un approccio aziendale che si focalizza sui processi di manutenzione, in particolare il fondamento principale di questo metodo si basa sul principio che qualsiasi lavoratore debba occuparsi della manutenzione attiva all'interno dello stabilimento, al fine di massimizzare l'efficienza dei processi manutentivi e ridurre al minimo gli sprechi all'interno del processo produttivo

Tutto ciò è reso possibile grazie a 3 punti fondamentali:

- programmi di manutenzione preventiva
- costante formazione dei dipendenti
- continua collaborazione tra personale di produzione e quello manutentivo

Ideata in Giappone intorno agli anni '50, questa filosofia aziendale si basa principalmente su 8 pilastri. Alla base del funzionamento del metodo ci sono delle strategie preventive che mirano a massimizzare l'affidabilità dei macchinari, inoltre, grazie all'applicazione delle 5S sopracitate, viene creato un approccio sistematico finalizzato a ottimizzare l'efficienza del processo produttivo tramite l'incremento di ordine e pulizia in ogni parte dello stabilimento.

Di seguito verranno analizzati gli 8 pilastri della TPM [7]:

- **Manutenzione autonoma:** il personale di produzione, opportunamente formato, può occuparsi direttamente della manutenzione ordinaria dei macchinari, come pulizia, lubrificazione, ispezioni, ecc. Ciò oltre ad alleggerire il carico di lavoro al personale adibito alla manutenzione ordinaria, può aumentare il senso di responsabilizzazione del personale di produzione nei confronti dei macchinari con cui lavorano giornalmente, aumentando la sinergia tra di essi;

- **Miglioramento continuo:** trattasi di un approccio aziendale fondato sulla programmazione di strategie preventive mirate alla ricerca metodica di un costante miglioramento e ottimizzazione del processo produttivo in senso lato. A livello pratico consiste nel portare gruppi del personale di produzione a collaborare alla programmazione di strategie preventive volte alla massimizzazione dell'efficienza dell'impianto riducendo rischi, sprechi e difetti;
- **Manutenzione programmata:** risulta fondamentale, per ridurre al minimo il fermo macchina straordinario, creare un programma efficiente di manutenzione ordinaria. Tutto ciò può essere accompagnato da un'apposita analisi preventiva dell'usura dei macchinari e di eventuali guasti, cercando di confinare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria nei momenti in cui non è programmata la produzione;
- **Gestione delle qualità:** approccio aziendale finalizzato alla massimizzazione della qualità del prodotto finito, tramite una strategia preventiva di rilevamento ed eliminazione di difettosità nel ciclo produttivo. Gli strumenti principali per l'applicazione di questo punto sono la Root Cause Analysis che tramite l'Overall Equipment Effectiveness (OEE) si focalizza sulla riduzione degli scarti di produzione;
- **Early Equipment management (EEM):** è un processo strutturato che si avvale della comprensione e della conoscenza pratica dei macchinari,

acquisite dagli operatori nel corso del tempo, per migliorare la progettazione delle nuove apparecchiature. Il contributo dell'operatore che conduce direttamente l'impianto può essere molto utile nel processo di progettazione di un nuovo sistema perché consente di adottare soluzioni che migliorano sempre di più la manutenibilità e le prestazioni operative, e di realizzare macchinari che siano in grado di soddisfare già all'avvio i requisiti richiesti;

- **Istruzione e formazione:** la formazione dell'intero personale è una componente fondamentale delle strategie preventive volte all'ottimizzazione del processo produttivo. Tramite un'adeguato piano di istruzione dei lavoratori è possibile identificare per tempo criticità, mantenere le apparecchiature in condizioni di lavoro ottimali e soddisfare i vari aspetti della TPM;
- **Sicurezza Salute e ambiente:** la priorità è sicuramente creare un ambiente di lavoro sicuro e salubre in cui i dipendenti possano lavorare in serenità senza mettere a rischio la propria incolumità. È evidente come tutto ciò possa essere un'ottima strategia per prevenire infortuni o malesseri da parte dell'intero personale, e quindi massimizzare la creazione di valore aggiunto al prodotto finale.
- **Efficienza nell'amministrazione:** la priorità non è soltanto il processo produttivo, ma è necessario attenzionare anche il lato amministrativo per ottimizzare i processi di approvvigionamento delle materie prime, gestione

delle scorte stoccate, per ottenere un ambiente semplificato e standardizzato che può portare ad una riduzione degli sprechi.

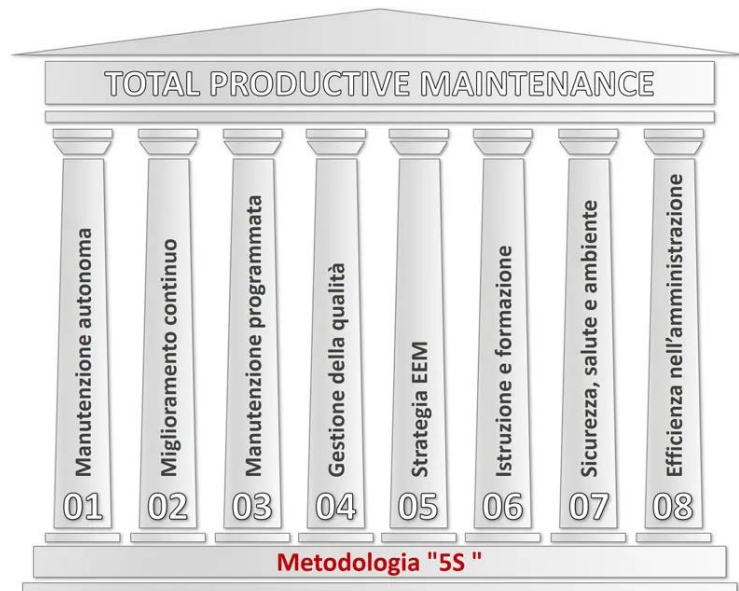


Figura 5

Di seguito verrà illustrato un piano di implementazione delle indicazioni e metodologie sopracitate [7]:

1. **Identificazione di un'area pilota:** il primo passo consiste nello scegliere un'area designata alla fase di "simulazione" per l'applicazione del TPM, prediligendo aree di lavoro con minori complicazioni sia a livello progettuale che esecutivo, in modo tale da poter evidenziare in minor tempo vantaggi e criticità.

2. **Ripristino dell'attrezzatura alle condizioni operative ottimali:**
successivamente si procede intervenendo sull'area designata applicando il metodo delle 5S, in modo tale da ricreare le capacità produttive originali dell'impianto designato.

3. **Implementazione della manutenzione autonoma:** segue una fase di formazione del personale di produzione, il quale procederà a svolgere la manutenzione ordinaria dei macchinari rimanendo comunque a stretto contatto con il team manutentivo.

4. **Monitoraggio dell'Overall Equipment Effectiveness (OEE):** la quarta fase consiste nella quantificazione delle operazioni svolte in precedenza tramite l'OEE, necessaria a misurare la capacità produttiva degli impianti in cui si è scelto l'approccio TMP.

5. **Riduzione delle Perdite:** dopo aver evidenziato le eventuali perdite di produzione si procede alla formazione di una squadra composta da varie figure professionali, che abbiano lo scopo di attuare un approccio di miglioramento costante del processo produttivo. Suddetto team dovrà essere in grado di analizzare le criticità dell'impianto e di adottare soluzioni efficaci, pianificare la manutenzione ordinaria e verificare tramite l'OEE i progressi ottenuti tramite le migliorie implementate.

6. **Implementazione della manutenzione pianificata:** infine si procede con l'integrazione di un piano di manutenzione preventivo necessario a limitare i periodi di fermo macchina non programmato.

1.3 Total Quality Management (TQM)

Si tratta di un approccio aziendale, nato in Giappone, che mira a soddisfare gli 8 pilastri attraverso i quali raggiunge un incremento dell'efficienza produttiva abbracciando la filosofia di miglioramento continuo.

Il TQM [8] agisce principalmente sulla **qualità** e sulla soddisfazione del **cliente** tramite un elevato coinvolgimento di ogni "anello" della catena di produzione.

Per una corretta implementazione del TQM è necessario seguire gli 8 pilastri fondamentali:

- **Focalizzazione sul cliente;**
- **Impegno di tutti i dipendenti;**
- **Approccio per processi;**
- **Utilizzo di sistemi integrati;**
- **Approccio strategico e sistematico;**
- **Perseguimento del miglioramento continuo;**
- **Decisioni basate sui dati;**
- **Ricorso alla comunicazione;**

Il Total Quality Management è un sistema che si basa sul miglioramento continuo: introduce in azienda e rende permanente un clima in cui i dipendenti sono stimolati a migliorare in modo continuo le proprie capacità e il metodo produttivo, i manager prendono decisioni che puntano al miglioramento continuo dell'azienda.

L'approccio Total Quality Management

si basa su sei pilastri, le 6C [9]:

- **Control;**
- **Culture;**
- **Commitment;**
- **Cooperation;**
- **Customer Focus;**
- **Continuous Improvement;**

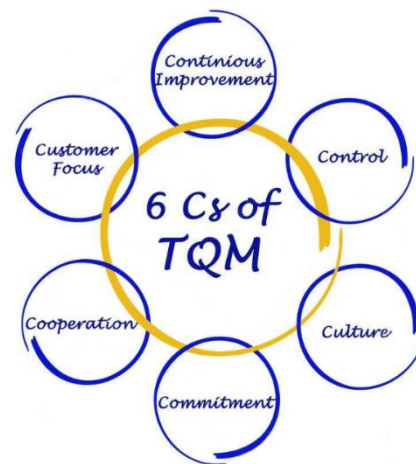


Figura 6

l'applicazione del metodo TQM comporta notevoli vantaggi per quanto riguarda la semplificazione delle operazioni e la riduzione dei costi associati alla gestione delle difettosità. Tutto ciò comporta un prodotto finito che avrà maggiori capacità di soddisfare le esigenze del cliente e di conseguenza genererà un grado di maggiore fedeltà.

Altro vantaggio fondamentale risulta essere l'elevata flessibilità degli impianti che adottano il metodo TQM, grazie alla capacità di adattarsi con elevata rapidità ai cambiamenti o agli imprevisti.

Di contro è immaginabile come una rivoluzione aziendale di tale portata comporti degli investimenti iniziali considerevoli e una predisposizione da parte del personale ad un maggiore impegno e collaborazione necessari ad un'implementazione del metodo efficace ed efficiente.

1.4 Cost deployment

Per Cost Deployment si intende una metodologia di gestione dei costi che permette di identificare e quantificare i benefici ottenuti dall'applicazione dei precedenti metodi in termini economici [10].

Il costo rappresenta una variabile competitiva sia a livello interno che esterno. Tuttavia, all'interno delle aziende, il discorso sui costi è immediatamente ricondotto alla funzione di Amministrazione, Finanza e Controllo, considerata il centro di riferimento per la conoscenza dei costi. In realtà, è il settore produttivo il fulcro dell'impresa, l'area da cui scaturisce il valore trasferito al cliente: è qui che prendono avvio i progetti di miglioramento e si registrano i primi successi.

Nella produzione, tuttavia, il concetto di costo è spesso associato al rispetto del budget, visto come uno strumento di programmazione e controllo economico. Tale budget, però, è frequentemente elaborato attraverso una negoziazione tra le varie funzioni aziendali, basata sui risultati dell'anno precedente, senza mettere in luce sprechi, perdite, risparmi e i cambiamenti nei prodotti o nei processi produttivi che li hanno generati. Di conseguenza, emerge la necessità di uno strumento capace di offrire una visione analitica e approfondita del costo come variabile strategica.

Il Cost Deployment, traducibile in italiano come "Apertura dei Costi", fornisce un'analisi dettagliata dei costi lungo i diversi livelli della struttura organizzativa della produzione, arrivando fino alla singola operazione, attraverso Unità Operative, Unità Tecnologiche e Centri di Lavoro.

Il Cost Deployment è un percorso strutturato in sette fasi principali, ciascuna delle quali è associata a strumenti specifici, con l'obiettivo di:

- Comprendere le relazioni tra i fattori di costo, i processi che li generano e le varie tipologie di sprechi e perdite
- Individuare la connessione tra la riduzione di sprechi/perdite e la corrispondente riduzione dei costi
- Quantificare i benefici economici potenziali e attesi
- Prioritizzare i piani di miglioramento sulla base di un'analisi oggettiva dei benefici e dei costi

1.5 Le caratteristiche del WCM

Lo scopo del World Class Manufacturing è quello di cercare di raggiungere un'ottimizzazione nelle attività aziendali con l'uso di azioni volte a massimizzare la creazione di valore aggiunto. Tutto ciò finalizzato al conseguimento del cosiddetto "valore zero":

- zero difetti;
- zero guasti;
- zero incidenti;
- zero scorte;

I pilastri tecnici ed i criteri gestionali sui cui è articolato il WCM sono dieci. Ognuno di essi è supportato da un team dedicato e si sviluppa attraverso sette step progressivi. Ciascuno step prevede una successione di attività da completare che portano alla ottimizzazione delle attività aziendali.

Le attività di ciascun pilastro sono strutturate in tre fasi principali:

- **Fase reattiva:** Capacità di reagire a un evento inaspettato. Solamente dopo il manifestarsi della problematica viene creato e applicato il piano d'azione.
- **Fase preventiva:** Capacità di esaminare una problematica che si verifica periodicamente, capire le cause originarie ed attuare le opportune rettifiche per evitare il ripetersi di tale problematica.
- **Fase proattiva:** Capacità organizzativa orientata a pronosticare le problematiche future e progettare passi preventivi per contrastarle in anticipo.

Al fine di rendere tutti i membri del team direttamente responsabili nel fronteggiare le problematiche per il raggiungimento di obiettivi comuni, il WCM promuove fortemente il coinvolgimento attivo delle persone. Metodo, questo, che arricchendo la propria formazione tecnica e affinando le proprie competenze di problem solving, aiuta i dipendenti nella crescita professionale. Altra prerogativa rilevante del metodo WCM è la classificazione delle attività:

attuare specifiche verifiche, si procede a far fronte le difficoltà prediligendo quelle con un ritorno economico rapido e sicuro. Di seguito viene data una rapida spiegazione dei dieci pilastri tecnici del WCM.

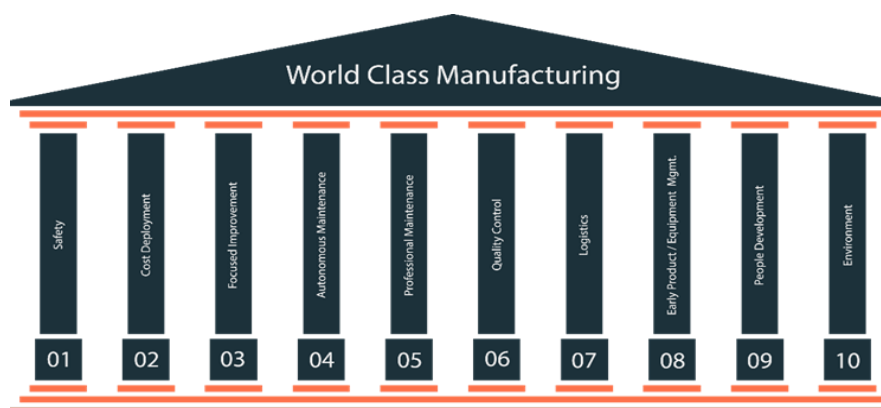


Figura 7

1.5.1 Safety

Il pilastro tecnico Safety centralizza la sua azione sul miglioramento dell'ambiente di lavoro e sulla rimozione delle condizioni che potrebbero causare incidenti o

infortuni. Circostanze, queste, il più delle volte provocati da circostanze di rischio o condotte imprudenti. Scopo principale del pilastro Safety è quello di riportare a zero gli infortuni tramite un approccio centrato su:

- Prevenzione degli incidenti: che implica la rilevazione, la segnalazione, l'analisi e l'eliminazione di qualsiasi fattore che abbia causato o che potrebbe potenzialmente causare un incidente.
- Sviluppo di una cultura della prevenzione: favorire, tra i dipendenti, un'ottica volta alla prevenzione, integrando la sicurezza come valore imprescindibile all'interno dell'organizzazione.

.

Il pilastro Safety si sviluppa in sette step, ognuno dei quali rappresenta una fase delicata nell'iter verso la sicurezza sul lavoro:

1. Analisi degli infortuni e delle cause: Identificazione e analisi dettagliata degli incidenti accaduti e delle cause sottostanti.
2. Contromisure ed estensione ad aree simili: Implementazione di misure correttive e loro applicazione in aree analoghe per prevenire il ripetersi degli incidenti.
3. Standard iniziali di sicurezza: Realizzazione di una lista completa di tutti i problemi di sicurezza accertati.

4. Ispezione generale per la sicurezza: Formazione e addestramento del personale per eseguire ispezioni di sicurezza.
5. Ispezione autonoma: Introduzione di contromisure preventive attraverso ispezioni autonome da parte dei dipendenti.
6. Standard autonomi di sicurezza: Definizione e applicazione di standard di sicurezza gestiti autonomamente dai team.
7. Piena implementazione del sistema di gestione della sicurezza: Completa integrazione e implementazione di un sistema di gestione della sicurezza efficace e sostenibile.

I primi tre step si concentrano su un approccio reattivo, volto a rispondere agli incidenti già avvenuti. Gli step quattro e cinque rappresentano l'approccio preventivo, mirato a prevenire l'insorgere di nuovi rischi. Infine, gli step sei e sette si inseriscono nell'approccio proattivo, focalizzato sulla realizzazione di un sistema di sicurezza saldo e autonomo all'interno dell'organizzazione.

1.5.2 Cost Deployment

Il pilastro tecnico Cost Deployment avvia un metodo che collega l'individuazione delle aree da migliorare con i risultati delle performance, che vengono monitorati attraverso specifici KPI (Key Performance Indicators). Peculiarità distintiva del Cost Deployment è la capacità di convertire gli sprechi e le inefficienze in costi

quantificabili. Ciò lo rende uno strumento molto valido e attendibile per la programmazione del budget, fungendo da "bussola" che guida le decisioni e le azioni verso le aree in cui sono individuate le principali voci di perdita o spreco, e che, se rimosse, condurrebbero a un rilevante incremento dell'efficienza.

Il processo del Cost Deployment si sviluppa in sette step sostanziali:

1. Identificazione dei costi di trasformazione dello stabilimento: Individuare i costi associati alla trasformazione dei processi nello stabilimento.
2. Identificazione qualitativa dei costi e delle perdite: individuare i costi e le perdite da un punto di vista qualitativo, determinando le aree critiche.
3. Separazione delle perdite causali da quelle risultanti: Distinguere le perdite che sono causa diretta da quelle che sono il risultato di altre inefficienze.
4. Calcolo dei costi di perdite e sprechi: Quantificare economicamente le perdite e gli sprechi riconosciuti.
5. Identificazione dei metodi per il recupero di perdite e sprechi: Decidere le strategie e i procedimenti per recuperare le perdite e ridurre gli sprechi.
6. Stima dei costi di miglioramento e riduzione delle perdite: Valutare i costi necessari per implementare miglioramenti e ridurre perdite e sprechi.
7. Stabilimento e implementazione del piano di miglioramento: Definire e attuare un piano di miglioramento basato sulle analisi condotte.

Nello specifico i primi tre step sono dedicati al calcolo delle perdite, mentre il quarto e il quinto step interessano la pianificazione delle azioni da avviare, basandosi sull'analisi dei costi e sul miglioramento dei KPI esaminati. Quattro step che rappresentano le attività preliminari, essenziali per identificare le priorità su cui agire nelle fasi successive. Gli ultimi due step, sesto e settimo, centralizzano la loro azione sull'analisi e il monitoraggio dei risultati ottenuti, valutando sia il risparmio economico generato sia il miglioramento dei KPI come risultato delle azioni implementate.

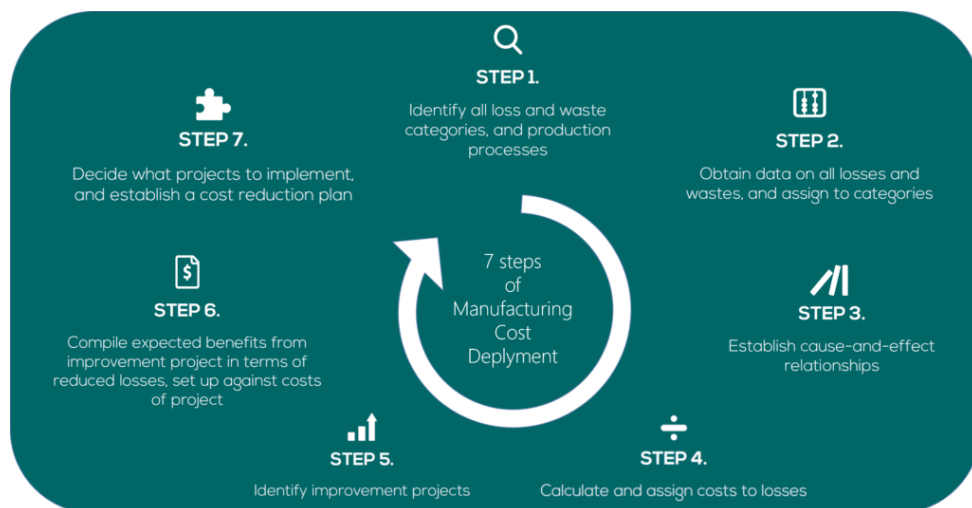


Figura 8

1.5.3 Focus Improvement

Basandosi sulla definizione di KPI (Key Performance Indicator: efficienza, produttività, qualità, sicurezza, risparmio atteso) e KAI (Key Activity Indicator: numero suggerimenti e kaizen, tools utilizzati, definizione fabbisogni formativi), il Focus Improvement si focalizza attivamente sulla riduzione sistematica delle

perdite e degli sprechi all'interno del processo produttivo spingendo l'intero personale di produzione e di gestione ad acquisire skill nell'ambito del problem solving.

Tutto ciò è ottenuto tramite l'applicazione della metodologia kaizen, e nello specifico del **ciclo PDCA** [6]:

- **PLAN:** “Pianifica i tuoi miglioramenti, compresa la definizione degli obiettivi”.

Il primo step consiste nell'individuazione del processo su cui andare ad agire per ottenerne ottimizzazione e miglioramento. Successivamente ci si potrà concentrare sulle modalità di azione al fine di ottenere una diminuzione del lead time e un soddisfacente aumento di efficienza e produttività.

- **DO:** “Attua le azioni necessarie per il miglioramento”.

Il passo successivo consiste nella formazione di un team di personale qualificato in grado di applicare in maniera efficace l'approccio proposto dalla metodologia Kaizen, cominciando con l'analisi del problema su cui si ritiene opportuno intervenire. Innanzitutto, è necessario stilare un'analisi AS-IS [6], anche tramite la Current State Map precedentemente trattata, finalizzata all'ottenimento di tutte le informazioni necessarie (qualitative, tasso di scarti e loro origine, distanze coperte, spazio occupato dai macchinari, numero e frequenza degli attrezzaggi). Successivamente è possibile procedere con l'identificazione dell'origine delle inefficienze (colli di bottiglia, personale poco qualificato, bassa disponibilità di risorse, errata

distribuzione dei compiti specifici). Lo step successivo consiste nello stilare la Value Stream Map, che andrà a correggere la maggior parte dei difetti e delle inefficienze evidenziate tramite la CSM. Una volta evidenziati tutti gli sprechi e inefficienze del caso, il team procederà ad una fase di stretta collaborazione finalizzata alla creazione di un piano di azione per eliminare le criticità che non apportano nessun valore aggiunto alla produzione. La fase finale del “DO” consiste per delineare il piano di azione definitivo tramite l’aiuto delle simulazioni al fine di verificare senza sprechi le operazioni ottimali da implementare.

- **CHECK:** “Verifica il tuo successo rispetto alla tua baseline”.

Una volta apportate le migliorie delineate nella fase precedente, segue una nuova fase di monitoraggio dei valori indicativi del processo produttivo al fine di documentare sia a medio che a lungo periodo i miglioramenti ottenuti grazie all’implementazione del metodo Kaizen.

Queste misurazioni potranno includere: lead time, cicli, tasso di difettosità, movimentazioni richieste, spazio utilizzato, ecc.

- **ACT:** “Attiva correttivi al fine di migliorare”.

Dal momento in cui è stato verificato il successo dell’implementazione del metodo Kaizen nel processo “pilota”, si può procedere ad estendere il piano di ottimizzazione a tutto l’impianto produttivo.

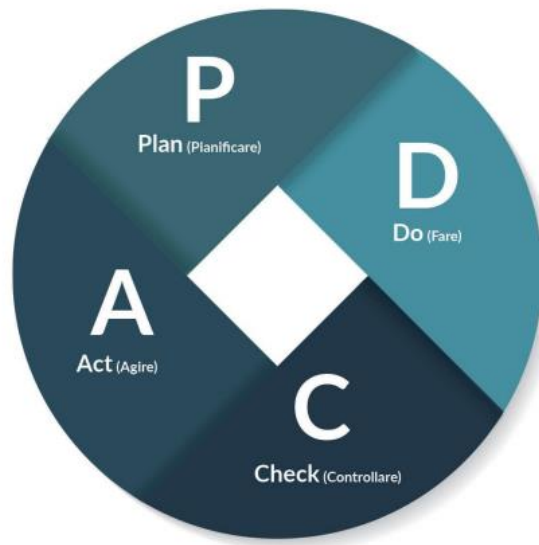


Figura 9

Alla luce di quanto detto, i 7 step del Focus improvement sono [11]:

1. **Definizione dell'Area Modello:** Si inizia definendo l'area o le macchine su cui concentrarsi, dando priorità ai vincoli/colli di bottiglia o a quelli con il maggiore impatto sul business.
2. **Identificazione delle Perdite:** Queste perdite possono includere l'aumento dei costi, difetti di qualità, squilibri, carenze di materiale, tra gli altri.
3. **Selezione del Tema e Preparazione dei Piani d'Azione:** Viene scelto un tema di miglioramento basato sulle priorità identificate. I piani d'azione

vengono preparati per affrontare questi temi, considerando i costi, la velocità di implementazione e l'impatto sulle perdite identificate.

4. **Definizione del Team di Progetto:** Viene assegnato un team dedicato per eseguire i progetti di miglioramento. Quest'ultimo è responsabile dello sviluppo e dell'implementazione delle strategie di miglioramento identificate.

5. **Sviluppo del Progetto:** I progetti di miglioramento vengono sviluppati utilizzando metodi e strumenti appropriati per affrontare problemi di diversa complessità.

6. **Analisi dei Costi e dei Benefici:** Viene condotta un'analisi dettagliata dei costi e dei benefici associati a ciascun progetto di miglioramento. Questo aiuta nel processo decisionale riguardo alla fattibilità e alla priorità dei progetti.

7. **Monitoraggio ed Espansione Orizzontale:** I progetti di miglioramento vengono monitorati continuamente per garantire la loro efficacia. I progetti di successo possono portare a un'espansione orizzontale dei miglioramenti in altre aree all'interno dell'azienda

1.5.4 Autonomous Activities:

Per “Autonomous Activities” si intende la coesistenza di *Autonomous Maintenance* e del *Workplace Organization*.

1.5.4.1 Autonomous Maintenance (AM)

L'AM comprende quelle attività classificate come manutenzione preventiva che comprendono controlli, ispezioni, operazioni di pulizia e l'esecuzione di semplici sostituzioni e riparazioni. Gli altri obiettivi principali del pilastro riguardano la disponibilità delle macchine e l'eliminazione dei tempi morti e della lentezza derivanti dalle cattive condizioni di lavoro delle stesse. È importante sottolineare come l'AM sia un pagamento piuttosto rivoluzionario rispetto ai modelli precedenti.

Il nuovo modello di manutenzione prevede:

- crescita delle competenze individuali del lavoratore
- programma di prevenzione di eventuali guasti importanti
- minore necessità di addetti alla manutenzione (a causa del costo della manodopera)

L'obiettivo della AM è quello di migliorare l'efficacia complessiva degli impianti (anche tramite OEE) e di massimizzare la qualità dei prodotti, aumentare la durata delle apparecchiature grazie alla formazione del personale di produzione che regolarmente andrà ad effettuare semplici attività manutentive, come ad esempio:

- Pulitura e lubrificazione;
- Monitoraggio dell'utilizzo di fluidi e olio;

- Regolazioni dei freni e dei dispositivi di sicurezza;
- Coppia di serraggio visiva dei bulloni;
- Controllo e sostituzione delle lampadine elettriche

Di seguito un'immagine esplicativa dei 7 step dell'AM:

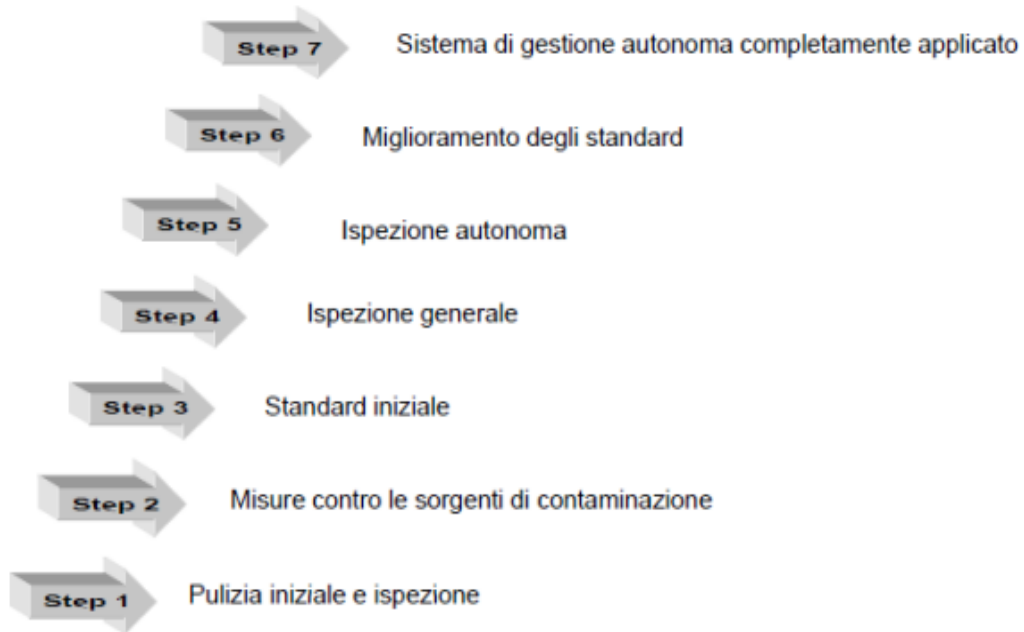


Figura 10

1.5.4.2 Workplace Organization (WO)

In stretta collaborazione con l'AM, La *Workplace organization* si concentra principalmente sulla riduzione degli sprechi e delle perdite all'interno del process produttivo.

A differenza dei precedenti pilastri, il WO è focalizzato sull'incremento della qualità del prodotto tramite l'ingegnerizzazione dell'area di lavoro. In tal senso si può parlare di "Golden Zone", che, tramite anche a considerazioni ergonomiche, garantisce un'ottimizzazione del processo produttivo.

I sette step caratteristici del pilastro in questione sono:

a) Fase Reattiva:

- Step 1: pulizia iniziale ed applicazione del metodo delle 5S10 per ripristinare le condizioni primitive della macchina.
- Step 2: eliminazione attività non a valore aggiunto e riordino del processo
- Step 3: creazione di standard iniziali.

b) Fase Preventiva:

- Step 4: Formazione sulle caratteristiche del prodotto e ispezione generale attrezzature, utensili e strumenti.

c) Fase Proattiva:

- Step 5: implementazione fornitura JIT.
- Step 6: miglioramento standard iniziali.
- Step 7: implementazione sequenza standard di lavoro.

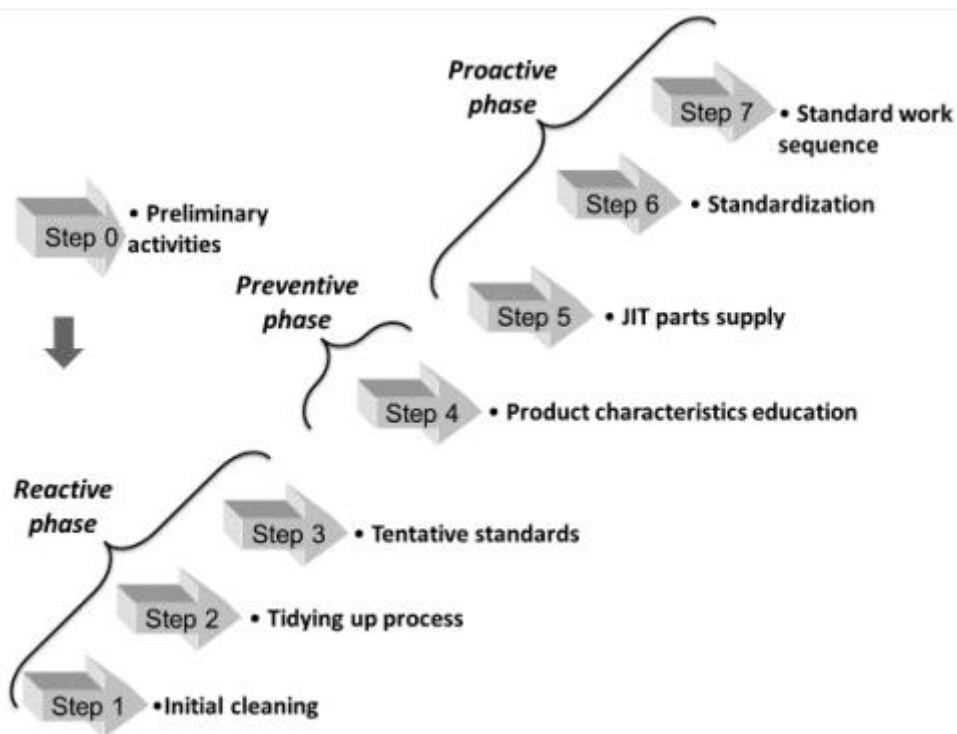


Figura 11

1.5.5 Professional Maintenance

Il quinto pilastro da trattare in questo contesto è il Professional Maintenance, ossia la realizzazione di un sistema di manutenzione in grado di cancellare completamente i guasti, nonché i downtime meccanici, prolungando la vita degli impianti e dei singoli macchinari: in altri termini, tale pilastro è la componente del WCM che si prefigge di preservare la salute delle macchine. Pare inutile evidenziare, come suddetto pilastro sia direttamente collegato ai due sotto-pilastri precedenti, entrambi dedicati alla salvaguardia dell'Overall Live Effectiveness (OLE) e alla diffusione delle conoscenze in merito al modo migliore per preservare o prolungare la vita utile di apparecchiature e impianti.

Segue uno schema per chiarire il funzionamento del *Professional Maintenance*:

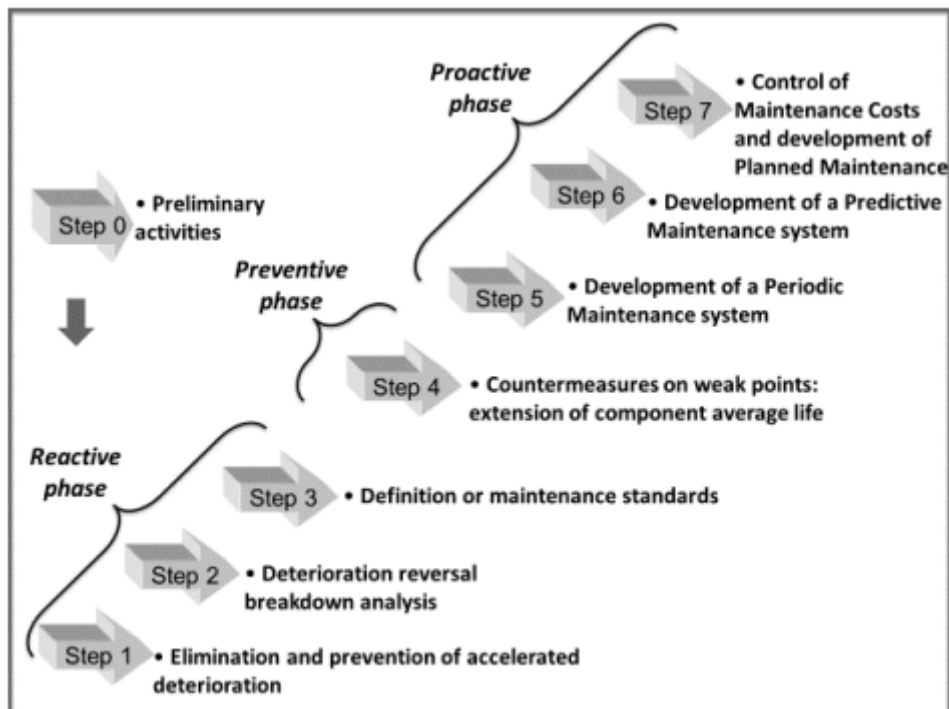


Figura 12

Per valutare i risultati ottenuti in ciascuna fase, tra i principali Key Performance Indicators (KPI) è opportuno menzionare: l'Overall Equipment Effectiveness (OEE), il Mean Time Between Failures (MTBF), il Mean Time To Repair (MTTR) e il numero di guasti.

I Key Activity Indicators (KAI) riguardano: percentuale di manutentori coinvolti, numero di componenti della macchina, numero di Emergency Work Orders (EWO) compilati e numero di operazioni attivate per prolungare la vita utile dei componenti.

Di seguito le 7 fasi del *Professional Maintenance*:

- **Fase 1:** Ripristino delle condizioni originarie della macchina, eliminazione e prevenzione del degrado accelerato con l'obiettivo di stabilizzare il MBTF.
- **Fase 2:** Analisi dettagliata di tutti i guasti storici, individuazione delle cause più rilevanti. Un ruolo importante è svolto dai moduli Emergency Work Order.
- **Fase 3:** Redazione del calendario per la manutenzione preventiva e definizione degli Standard Operativi.
- **Fase 4:** Le contromisure per contrastare le debolezze dei macchinari e prolungare la vita dei componenti vengono implementate.
- **Fase 5:** Viene organizzato il sistema di manutenzione periodica. Alcune attività possono essere svolte a livello del pilastro Autonomous Maintenance, ciò comporta mole di lavoro minore per i manutentori.
- **Fase 6:** Viene avviata la costruzione del sistema di manutenzione preventivo.

- **Fase 7.** Implementazione ed esecuzione di programma di manutenzione comprensiva della manutenzione migliorativa.

1.5.6 Quality Control

Il pilastro del Quality Control è finalizzato a garantire al cliente prodotti di elevata qualità a prezzi contenuti attraverso una serie di attività, tra cui possiamo citare:

- Individuazione delle criticità per lo svolgimento dei processi produttivi;
- manutenzione delle condizioni stabilite;
- ridefinizione e controllo continuo delle condizioni operative per prevenire la diffusione dei difetti e, se necessario, intervenire;

Si può affermare, dunque, che il *Quality Control* tenta di delimitare un sistema di controllo per prevenire la comparsa dei difetti, piuttosto che agire una volta che si sia verificata l'anomalia, mantenendo, in tal modo, le distanze dai canoni tradizionali del passato. Procedendo in tal modo sarà possibile eliminare criticità e difetti che non fanno altro che togliere valore aggiunto al prodotto finito.

Per concludere si può affermare che il pilastro del Quality Control tende a massimizzare la soddisfazione del cliente riducendo al minimo i costi richiesti.

Questo risultato viene perseguito con una rivoluzione del sistema produttivo e con un processo di formazione del personale alla soluzione di problemi correlati alla qualità del prodotto e al processo produttivo.

I 7 step del QC sono:

- **Fase Reattiva:**

- *Step 1-2:* si stabilisce quanto e come ciascun difetto riscontrato in fase di ispezione o test sia causato dal processo analizzato. Analogamente a quanto avviene per il Cost Deployment, anche la realizzazione di questo specifico strumento permette di delineare una prima scala di priorità su cui basare gli interventi correttivi. Successivamente nel secondo step si riporta lo status quo alle condizioni antecedenti all'implementazione del QC.

- **Fase Preventiva:**

- *Step 3-4:* Analisi delle perdite *croniche*, cioè dei difetti e dei malfunzionamenti più gravi identificati nella fase reattiva. Attraverso la *Root Cause Analysis*, ciascun difetto di qualità è attribuito a una delle quattro possibili cause di non conformità: I) macchina, II) metodo, III) uomo, e IV) materiale.

- **Fase Proattiva:**

- *Step 5-6-7:* applicazione delle contromisure selezionate per affrontare le cause identificate, mantenimento delle condizioni

ottenute e successivo miglioramento continuo dei metodi utilizzati aspirando alla condizione “zero difetti”.

1.5.7 Logistics

L’obiettivo principale del suddetto pilastro è l’ottimizzazione dello stock. Pertanto, l’impresa deve creare relazioni interne ed esterne finalizzato alla creazione di un flusso efficiente di materiali, sia all’interno dell’impresa, così all’esterno, tra i fornitori. Il pilastro Logistics è focalizzato quindi sul garantire che la produzione, la logistica, gli acquisti e la rete commerciale siano adeguatamente allineati. In generale, mentre il piano e la produzione in un’ottica *push* vengono fatti sulla base di previsioni e stime della domanda futura, le imprese in logica *pull* producono solo sulla base delle informazioni ricevute dall’ultimo anello della filiera, cioè il cliente. All’intersezione delle due logiche si può collocare il mantenimento della scorta di semilavorati. Il pilastro Logistic basa insomma sull’applicazione del principio del just in time, in ottica di snellimento del flusso dei materiali e nella riduzione del lead time dei prodotti. Nello stabilimento il modello si traduce nella strategia produttiva chiamata Kanban. Quest’ultima si colloca a livello dell’impianto e costituisce un “segnale visivo” in tempo reale che gestisce il flusso dell’approvvigionamento. Gli obiettivi sono quindi i seguenti:

- soddisfare il più possibile il cliente finale in termini di qualità del prodotto, abbattendo il lead time;
- ridurre i costi legati al capitale investito nei semilavorati e nel Work in progress;
- ridurre i costi legati alla movimentazione dei componenti.

1.5.8 Early Equipment Management

La gestione deve affrontare molteplici problematiche, dall'aspetto della produzione a quello della gestione dell'impianto in riferimento agli interventi di manutenzione.

Queste problematiche comportano l'aumento dei costi operativi.

Il pilastro EEM mira a raggiungere i seguenti obiettivi in tal senso.

- Massimizzare la qualità del prodotto tramite un design orientato alla qualità
- Costi operativi minimi.
- Lead time minimi.
- Impianto flessibile.
- Sicurezza e facilità nell'usare le macchine.
- Affidabilità e manutenibilità.

I sette passi di EEM sono i seguenti:

- Pianificazione: stabilire obiettivi e strategie di gestione dell'impianto.

- Progetto di massima: compilazione del concetto preliminare del progetto.
- Progettazione del progetto in dettaglio.
- Costituzione: costruzione fisica dell'impianto o dei mezzi necessari.
- Installazione: installazione ed integrazione delle attrezzature nell'impianto.
- Test di produzione: test preliminare per testare l'efficienza e funzionalità.
- Start Up del processo produttivo secondo le indicazioni precedentemente delineate.

1.5.9 People Development

Il pilastro People Development include la formazione e lo sviluppo personale dei dipendenti dell'azienda. Questo aspetto è cruciale per acquisire un vantaggio competitivo, poiché il successo del WCM dipende molto dalle competenze e dal coinvolgimento dei dipendenti. Di conseguenza, gli obiettivi principali di tale pilastro sono:

- azzerare gli errori umani;
- acquisire professionalità tecniche;
- formare gli operatori per eseguire il loro lavoro in modo più autonomo,
- addestrare gli operatori nell'attuazione corretta delle procedure del Quality Control;
- motivare gli operatori e ispirarli a partecipare al programma di miglioramento.

I sette passaggi del People Development includono:

- definizione dei principi e delle aree di priorità;
- definizione del sistema di formazione iniziale;
- attuazione di progetti complementari per sviluppare le competenze;
- revisione del sistema di formazione;
- definizione del piano di formazione e sviluppo delle competenze;
- sviluppo delle competenze specialistiche;
- continuo controllo e valutazione dei progressi e dell'efficacia del processo di sviluppo

1.5.10 Environment

Il pilastro Environment fa riferimento all'analisi complessiva delle varie attività aziendali finalizzate alla valutazione delle questioni e degli impatti ambientali. Il principale obiettivo è l'adozione di misure che mirino a ridurre gli effetti delle attività produttive in termini ambientali, con uno sguardo attento alle varie normative vigenti in materia promuovendo il risparmio energetico e praticando la responsabilità sociale e civile.

Gli obiettivi-specifici del pilastro, Environment sono:

- riduzione delle emissioni e inquinamento,
- riduzione del consumo di risorse energetiche e idriche,
- riduzione della produzione di rifiuti e miglioramento della raccolta differenziata.

I sette passaggi del pilastro riguardano;

1. comprensione della legislazione locale per quanto riguarda gli standard ambientali e i regolamenti,
2. implementazione delle contromisure per abbattere le fonti di contaminazione principale,
3. preparazione degli standard provvisori e ampliamento delle contromisure definite allo step 2 e istituzione dell'audit da parte della direzione,
4. controllo di sostanze chimiche, risparmio energetico e delle risorse,
5. istituzione di un sistema di gestione ambientale e sistema di supporto,
6. istituzione di un sistema per ridurre l'impatto ambientale;
7. Utilizzo del piano di gestione ambientale per la creazione di uno stabilimento modello

2. ESPERIENZA DI TIROCINIO

Il presente progetto da me analizzato è stato realizzato all'interno di un'azienda del settore automobilistico, Sogefi S.p.A., mentre svolgevo il tirocinio curricolare necessario al completamento del mio percorso di studi. Sogefi S.p.A. è un gruppo mondiale, tra i leader nel settore automobilistico, specializzato nella progettazione, produzione e fornitura di sospensioni per veicoli e impianti di raffreddamento.

Con un impegno costante nella ricerca, sviluppando tecnologie e innovazioni in tutti i settori in cui opera, il Gruppo Sogefi ha potuto continuare ad offrire prodotti qualitativamente sempre migliori, migliorandone le prestazioni in termini di risorse, efficienza, dimensioni, peso e impatto ambientale. La crescita del Gruppo Sogefi è stata lineare, tramite acquisizioni e sviluppo organico in mercati esistenti ed emergenti, dimostrando una notevole capacità nel fondere diverse culture, tecnologie e mercati.

Sogefi S.p.A. è quotata in Borsa Valori di Milano, segmento STAR, è partner dei maggiori produttori mondiali di automobili, mezzi pesanti e attrezzi da cantiere operanti in tutti i Paesi del mondo. Al momento Sogefi è presente in 14 paesi e 4 continenti, disponendo complessivamente di 24 stabilimenti.

Durante il mio tirocinio in SOGEFI SUSPENSIONS PASSENGER CAR ITALY S.P.A. ho partecipato all'installazione e ai test di collaudo di una nuova linea di assemblaggio della Barra stabilizzatrici relative al progetto STELLANTIS. L'obiettivo del lavoro di tesi sarà quello di indicare la situazione attuale, analizzare le criticità e proporre possibili soluzioni ai problemi attuali riscontrati.

2.1 ENTE DI SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO

SOGEFI SUSPENSIONS PASSENGER CAR ITALY S.P.A., una delle due divisioni italiane della compagnia, è un'azienda specializzata nella progettazione, sviluppo e produzione di sospensioni per autoveicoli.

La particolarità di questa società è la capacità di offrire soluzioni avanzate per migliorare la sicurezza, il comfort e le prestazioni dei veicoli. L'azienda produce una principalmente barre stabilizzatrici per varie case automobilistiche. SOGEFI SUSPENSIONS PASSENGER CAR ITALY S.P.A. si impegna a garantire la funzionalità e la durata massima di prodotti di alta qualità utilizzando materiali innovativi e riducendo il peso per aumentare l'efficienza energetica. L'azienda si impegna nell'aggiornamento continuo e nella costante ricerca di ottimizzazione del suo processo di produzione per soddisfare le richieste del mercato internazionale di automobili in costante evoluzione.

SOGEFI SUSPENSIONS PASSENGER CAR ITALY S.P.A. è un'azienda situata a Settimo Torinese, in provincia di Torino, con strutture all'avanguardia e un team di ingegneri e tecnici altamente qualificati.

2.2 STORIA DELL'AZIENDA

Sogefi S.p.A., fondata nel 1980, è ormai una delle principali aziende di componentistica automobilistica a livello globale. La sua storia è contrassegnata da un'espansione costante e da acquisizioni strategiche che hanno garantito alla società di mantenere la sua posizione di leader nel mercato internazionale.



Figura 13

Nei primi anni di attività, Sogefi si limitò a produrre esclusivamente sistemi di sospensione. Tuttavia, grazie ad una visione basata sulla qualità e l'innovazione tecnica, l'azienda riuscì ad ampliare rapidamente la gamma dei suoi prodotti con sistemi di raffreddamento dell'aria per automobile.

Negli anni Novanta, Sogefi acquisì una serie di aziende per esigenze geografiche e per un ulteriore potenziamento delle società, come l'azienda francese Filtrauto e l'azienda italiana Allevard Rejna, le quali consentirono al gruppo di entrare nel settore automobilistico dei filtri e di ampliare la presenza nel segmento delle sospensioni.

Allo stesso modo, queste azioni strategiche hanno facilitato l'espansione internazionale consentendo a Sogefi di entrare in nuovi mercati e aumentare la

concorrenza. A partire dai primi anni del 2000, l'azienda continuò a investire nella ricerca per sviluppare ulteriormente i suoi prodotti. L'impegnarsi nell'innovazione si tradusse in una serie di brevetti che permisero alla società stessa di introdurre prodotti molto più efficienti e orientati ad un minor impatto ambientale arrivando a poter vantare oltre 40 stabilimenti di produzione in 14 paesi su quattro continenti. Sogefi è quotata nel segmento STAR della Borsa Valori di Milano.

Sogefi è ora considerata un partner rispettabile per i principali produttori di automobili, di apparecchiature e di veicoli commerciali in tutto il mondo.

3. PROGETTO

3.1 Caratteristiche del Prodotto

Come accennato in precedenza, il mio studio riguarda l'analisi della fase finale del ciclo produttivo di una barra stabilizzatrice per autoveicolo. La barra stabilizzatrice, conosciuta anche come barra antirollio o barra di torsione, è un componente chiave del sistema di sospensioni dell'automobile. Essa aumenta la stabilità e la manovrabilità del veicolo, specialmente in curva e durante situazioni di emergenza.



Figura 14

La barra opera distribuendo le forze laterali tra le ruote di uno stesso asse, offrendo una diminuzione del rollio laterale. La barra, collegata al telaio attraverso snodi e giunti flessibili, è formata da una barra metallica trasversale che collega due sospensioni opposte di un'asse.

La funzione principale è minimizzare il rollio di un'automobile durante le curve dove l'energia centrifuga inclina l'automobile verso l'esterno. Le ruote interne si sollevano e le ruote esterne si comprimono. Questo tipo di comportamento riduce la stabilità dell'automobile, nello specifico delle ruote posteriori, e incrementa la possibilità di rovesciamento.

La barra stabilizzatrice non fa altro che scaricare le forze agenti sulle molle compresse sulle molle estese, bilanciando il carico.

Inoltre, questo componente risulta fondamentale per aumentare l'aderenza delle ruote al manto stradale, migliorando quindi tenuta di strada ed efficienza dell'impianto frenante.

Nella pagina seguente si allega la messa in tavola della barra stabilizzatrice relativa al progetto STELLANTIS

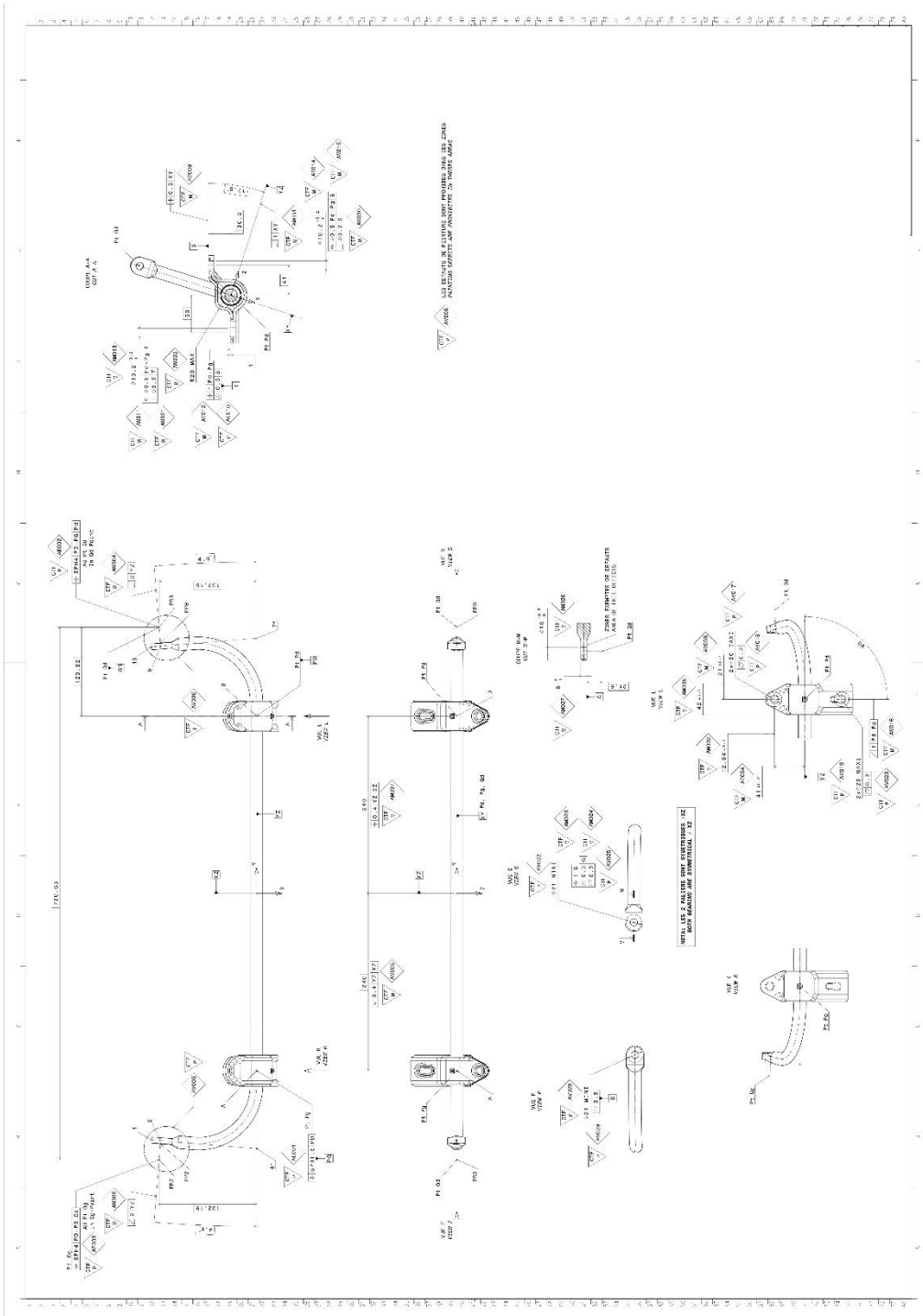


Figura 15

3.2 Descrizione del Processo Produttivo

Lo stabilimento in questione si occupa quindi dell'intero processo di lavorazione che comincia con l'approvvigionamento di barre metalliche cilindriche piene o vuote, che seguiranno quindi un processo produttivo personalizzato.

3.2.1 Processo di Fabbricazione delle Barre piene

La produzione di barre massicce segue una serie rigorosa di fasi controllate per garantire la qualità del prodotto finale e migliorare la resistenza a fatica dell'acciaio.

Il ciclo di produzione coinvolge i seguenti passaggi:

- **Forgiatura:** La barra subisce un processo di forgiatura che la porta ad una temperatura tra i 950 e i 1000 °C e successivamente lasciata raffreddare all'aperto fino ad una temperatura di circa 20°C



- **Riscaldamento e Curvatura:** La barra viene nuovamente riscaldata ad una temperatura tra 950 °C e successivamente curvata per ottenere la forma desiderata.



- **Tempra ad Olio:** Dopo la curvatura, la barra viene rapidamente raffreddata in olio fino ad una temperatura di 60°C, al fine di incrementare la resistenza meccanica del materiale.



- **Rinvenimento:** Successivamente, la barra subisce un trattamento termico di rinvenimento in forno a circa 450 ° C per alleviare le tensioni interne e migliorare la tenacità del materiale.



- **Sabbiatura:** Questo processo prevede il bombardamento della superficie della barra con particelle abrasive, per rimuovere lo strato superficiale ossidato dalle varie lavorazioni e per predisporlo alla successiva fase di verniciatura



- **Verniciatura:** Per proteggere il prodotto finito dalla corrosione e dalla formazione di cricche superficiali, la barra viene verniciata in una cella dedicata.



- **Assemblaggio:** Infine, le barre vengono assemblate con altri componenti necessari, completando così il ciclo di produzione.



3.2.2 Processo di Fabbricazione delle Barre Cave

Il ciclo di produzione delle barre vuote, pur condividendo alcune fasi con quello delle barre piene, presenta delle differenze chiave.

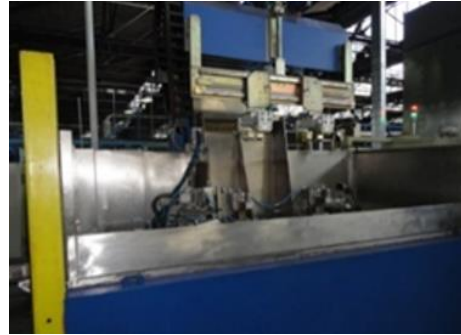
Le fasi principali sono:

- **Curvatura e Riscaldamento:** La barra vuota subisce un processo di piegatura a freddo per il raggiungimento della forma desiderata e successivamente viene



riscaldata attraverso riscaldamento ad induzione a temperature tra 880 e 940 °C.

- **Tempra con Polimeri:** Diversamente dalle barre piene, la barra vuota viene temprata utilizzando un bagno di polimeri per ottenere un raffreddamento controllato fino ad una temperatura di 30°C.



- **Rinvenimento:** Anche in questo caso, il materiale subisce un trattamento di rinvenimento, per migliorare le proprietà meccaniche, in un forno a temperature tra 200 e 240 ° C.



- **Forgiatura e Sabbiatura:** Il pezzo viene poi forgiato fino ad una temperatura di 940-1000 °C per favorire il processo di rilassamento delle tensioni residue di compressione e successivamente



sabbiato per rimuovere lo strato superficiale ossidato dalle varie lavorazioni e per predisporlo alla successiva fase di verniciatura

- **Verniciatura:** Come per le barre massicce, anche le barre vuote vengono protette dalla corrosione mediante verniciatura.



- **Assemblaggio:** Nell'ultima fase, si procede con l'assemblaggio del prodotto in funzione della domanda del cliente; infatti, ogni ordine richiede una serie di accessori di fissaggio per la barra stabilizzatrice unici per ogni veicolo di destinazione.



3.3 DESCRIZIONE DELLA LINEA DI ASSEMBLAGGIO

Per l'implementazione di questo processo di assemblaggio, è necessaria una linea costituita dalle seguenti componenti:

- Trasportatore di Carico Barre
- Robot 1
- Stazione di Sfiamma Barra
- Stazione di Centatura e Posizionamento Barra
- Graffatrice Oleodinamica
- Stazione di Controllo Barra e Scarto
- Robot 2
- Stazione di Stampa e Applicazione Etichetta
- Doppia Baia di Scarico Barre Assemblate

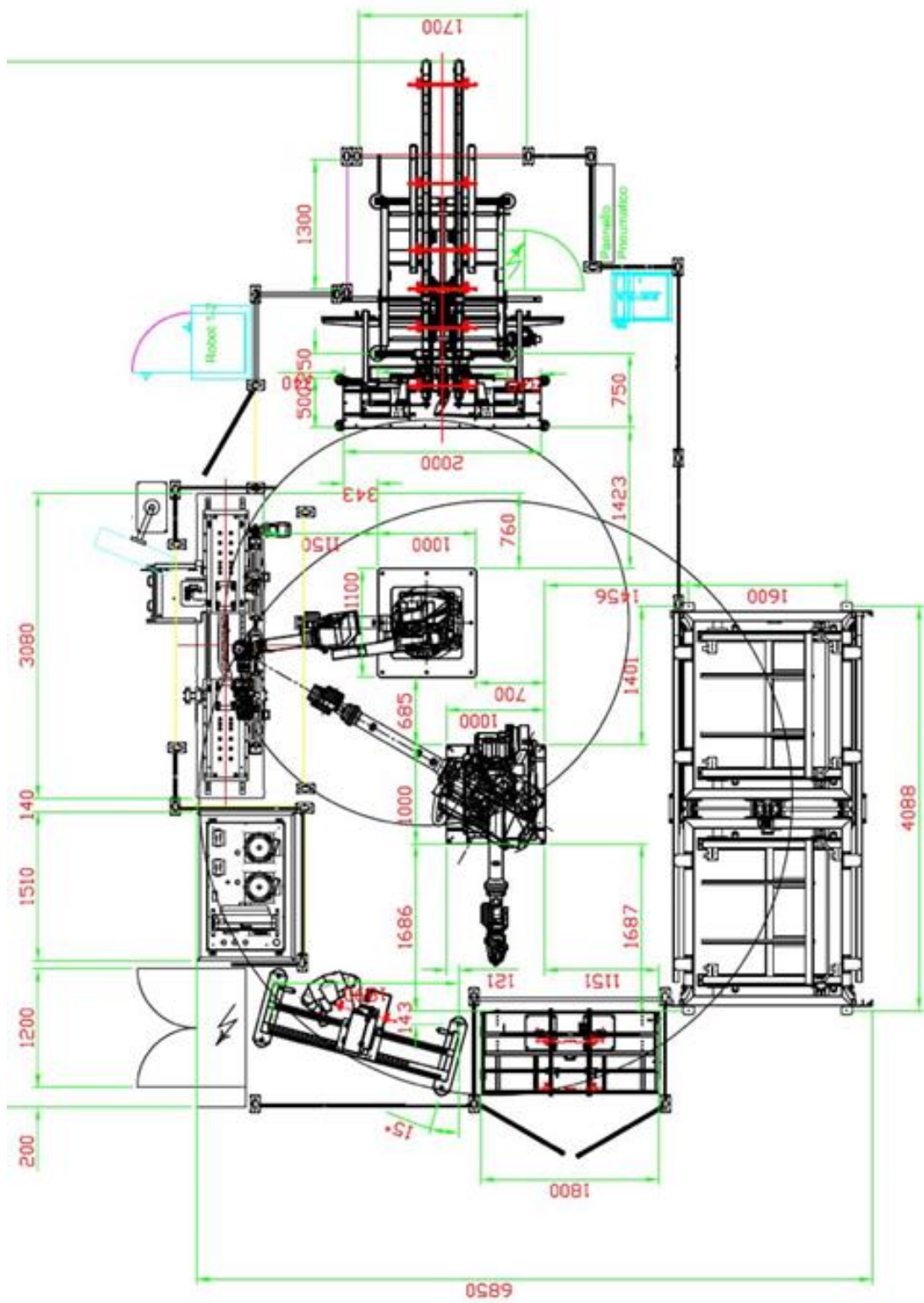


Figura 16

3.3.1 Trasportatore di Carico

Le barre da assemblare vengono trasferite sulla linea provenienti dall'impianto di verniciatura, stoccate in appositi contenitori. L'operatore, utilizzando un transpallet elettrico, provvede al carico delle barre in fila singola direttamente sul trasportatore di carico, il quale è di tipo ad accumulo. Una volta che le barre sono posizionate e correttamente allineate, un sistema di singolarizzazione provvede a trasferire la singola barra in una stazione dedicata al controllo del peso e del diametro attraverso uno scivolo. Il sollevamento della barra è realizzato tramite un asse elettrico. Le barre poggiano su specifici supporti a "V" realizzati in materiale plastico per evitare danni alla superficie verniciata. Il trasportatore è dotato di un interasse regolabile in modo automatico per garantire la capacità alla linea di poter lavorare progetti differenti.

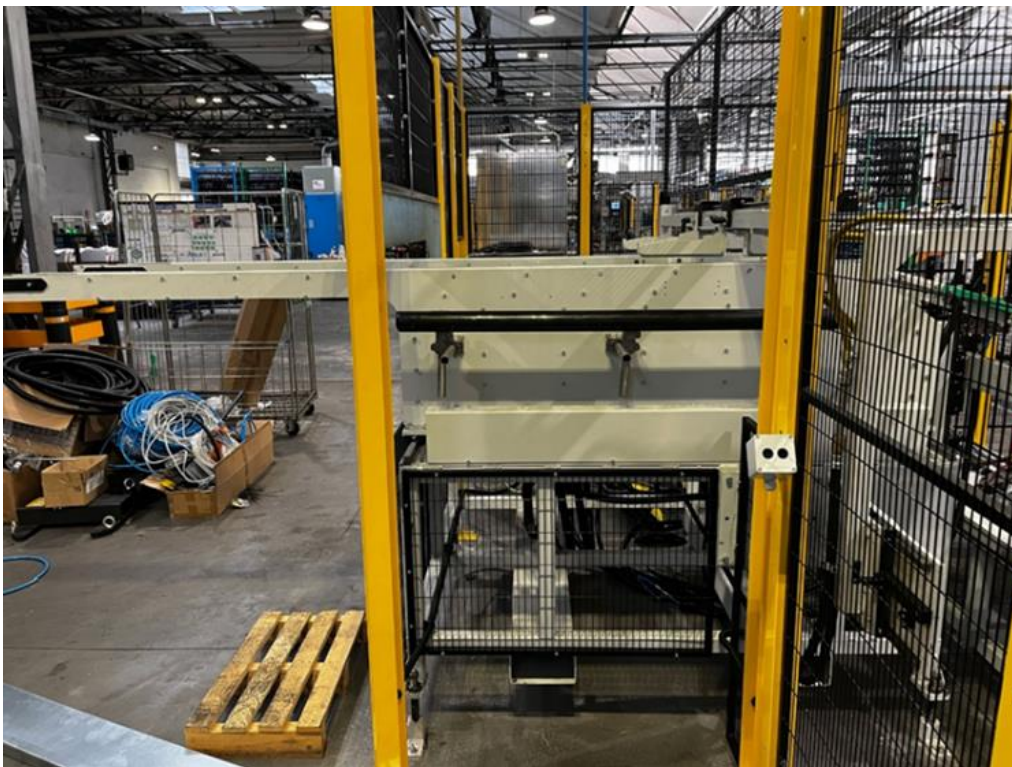


Figura 17

3.3.2 Stazione di Sfiammatura

Al fine di garantire una corretta adesione della boccia incollata sulla barra, è necessario preparare la superficie attraverso un processo di sfiammatura, il quale modifica la tensione superficiale della barra.

I bruciatori (in numero di 4) sono collocati sopra il centratore delle barre e l'apparecchiatura di controllo. La sfiammatura della barra è eseguita tramite il Robot 1, e la velocità di attraversamento dei bruciatori è regolabile e impostabile attraverso i parametri della ricetta al fine di poter gestirne la temperatura in funzione della ricetta selezionata. Le due coppie di bruciatori dispongono di una regolazione indipendente sull'asse Y rispetto al trasportatore di carico. Tale regolazione avviene tramite guide lineari e sistemi di bloccaggio rapido. Sopra i bruciatori sono previste delle appendici per consentire la rotazione della barra all'interno della pinza robotica durante la fase successiva (carico della graffatrice).

Qualora, durante il passaggio della barra attraverso i bruciatori, una delle fiamme si spegnesse, la barra dovrà essere scartata dal robot tramite un apposito scivolo.

3.3.3 Graffatrice

La graffatrice è la macchina dedicata all'assemblaggio delle staffe. È progettata e realizzata in modo da garantire il montaggio di barre con geometrie diverse.

La graffatrice è composta come segue:

- **Struttura:** realizzata in elettrosaldato, opportunamente dimensionata per resistere alle forze di spinta richieste.
- **Presse (n. 2):** montate su una struttura a "C", ciascuna in grado di sviluppare una forza di spinta minima di 30.000 DaN. Gli attuatori utilizzati sono di tipo oleodinamico, controllati da una centralina idraulica dimensionata per garantire un tempo ciclo di lavoro delle presse inferiore a dieci secondi. L'impianto assicura una corsa veloce di avvicinamento in bassa pressione/alta portata e una corsa di lavoro (graffatura) in alta pressione/bassa portata. La corsa dei cilindri è monitorata tramite trasduttori lineari, dotata di un dispositivo meccanico per regolare la corsa massima degli attuatori, soprattutto durante l'assemblaggio con false piastre e cavalieri. Il corretto funzionamento dei cilindri idraulici è verificato tramite un controllo della pressione con un trasduttore apposito. Il valore di pressione è visualizzato e confrontato con quello impostato nella ricetta. In caso di valori di pressione non conformi, la barra dovrà essere scartata su un apposito scivolo.
- **Interasse delle presse:** regolabile elettricamente mediante parametri impostati nella ricetta. Il dispositivo di bloccaggio in posizione di lavoro è

dotato di una riga ottica o similare per la lettura della quota dell'interasse e la verifica della congruenza con i dati della ricetta.

- Dispositivo di centraggio barra (tipo autocentrante): la forza di spinta del centratore è tale da non flettere o sollevare la barra, evitando così di falsare l'angolo delle staffe. La posizione delle paratie del centratore è controllata da due righe ottiche. Sullo stesso dispositivo è montata l'attrezzatura specifica che garantirà il corretto posizionamento angolare della barra e il bloccaggio anti-rotazione durante la fase di assemblaggio.
- Attrezzature specifiche (matrici) per l'assemblaggio delle staffe: queste attrezzature sono in grado di accogliere e assemblare correttamente i vari componenti e le diverse tipologie di staffe.

Per quanto riguarda il gommino superiore (appoggiato sulla piastrina o fake plate), sono previsti riferimenti fisici sugli assi X e Y che aiutino l'operatore a posizionarlo correttamente e che, durante la fase di graffatura, possano ritirarsi fuori dall'ingombro delle matrici. Le matrici sono specifiche per ogni tipologia di barra; pertanto, sono presenti sistemi di fissaggio che permettono un rapido attrezzaggio e disattrezzaggio. Le matrici inferiori sono montate e smontate sulla graffatrice mediante l'uso di appositi trolley.

Il carico della barra nuda è affidato al Robot 1, il quale la posiziona correttamente sull'asse Y e con il giusto angolo. Il robot deposita la barra su un dispositivo che assicura che essa non tocchi la superficie interna del gommino posizionato sulla matrice inferiore.

Lo Scarico della barra assemblata è gestito dal Robot 2.

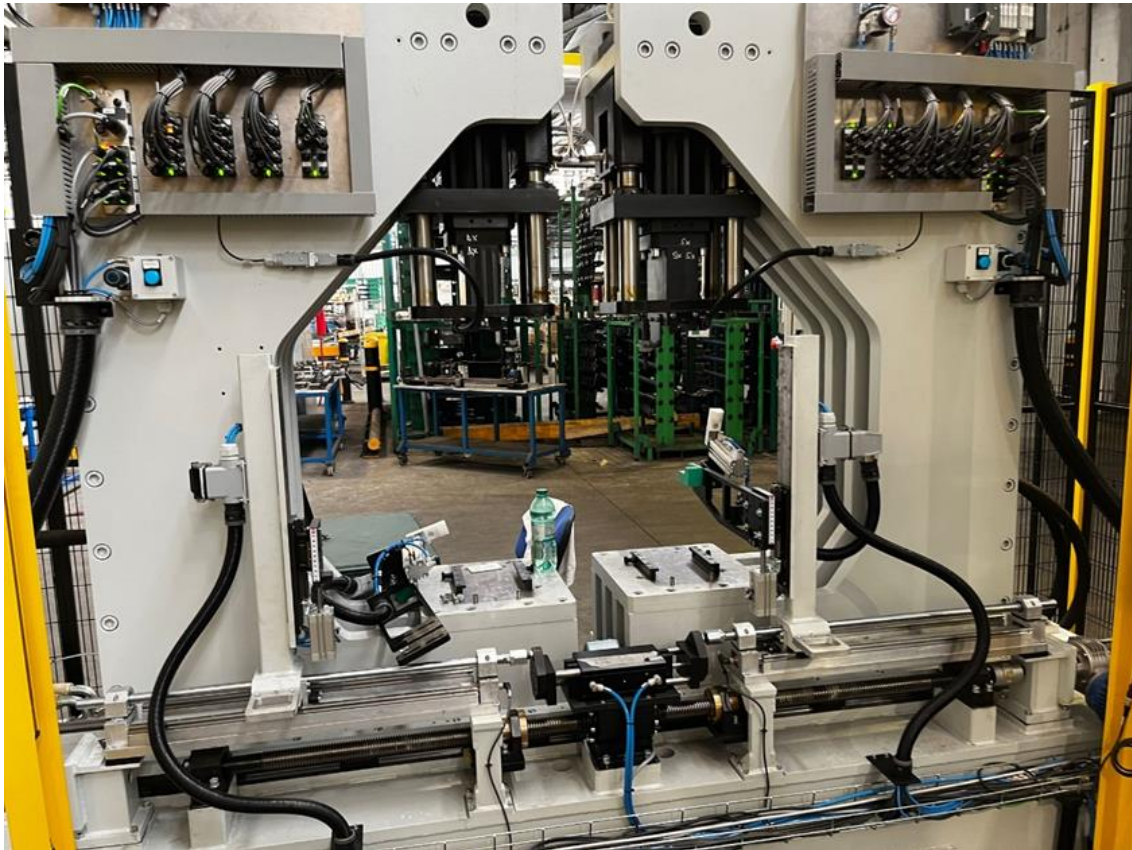


Figura 18

3.3.4 Stazione di Controllo e Scarto

La linea è equipaggiata con una postazione dedicata al deposito delle barre di scarto e per l'estrazione di barre dall'isola automatica per i controlli di qualità necessari. Queste operazioni sono eseguite senza interrompere il ciclo automatico della macchina.

Per la gestione delle barre di scarto, sono installati di due scivoli con interasse regolabile attraverso guide lineari e sistemi di bloccaggio rapidi. Gli scivoli sono dimensionati per contenere approssimativamente 10 barre nude e 10 barre assemblate ciascuno. Gli scivoli sono dotati di un sensore di "troppo pieno" che segnala all'operatore la necessità di intervenire e che inibisce ulteriori depositi da parte del robot.

La richiesta di deposito delle barre per il controllo è effettuata tramite una pagina dedicata sull'interfaccia e può riguardare una barra dopo la sfiammatura, per il controllo delle tensioni superficiali, o dopo l'assemblaggio, per il controllo delle dimensioni delle staffe. È possibile reintrodurre le barre nel ciclo produttivo dopo il controllo qualità.

Per garantire un facile accesso alla zona di controllo delle barre, è presente una porta a doppia anta. L'apertura di questa porta inibisce solamente l'area di lavoro del robot, permettendo così che il ciclo automatico continui senza interruzioni.

Questa soluzione contribuisce a mantenere l'efficienza operativa della linea pur assicurando la necessaria flessibilità per i controlli di qualità.



Figura 19

3.3.5 Robot

L'isola di assemblaggio è equipaggiata con due robot antropomorfi della marca FANUC, essenziali per l'esecuzione di una serie di operazioni automatizzate. Ecco il ciclo di lavoro standard per questi robot:

ROBOT 1

- Prelievo della barra nuda dal centratore.
- Sfiammatura della barra per preparare la superficie.
- Eventuale orientamento della barra, a seconda delle necessità del processo.

- Carico della barra nuda sulla graffatrice per l'assemblaggio.

ROBOT 2

- Scarico della barra assemblata dalla graffatrice.
- Etichettatura e controllo del barcode per garantire la tracciabilità.
- Scarico delle barre assemblate nelle apposite baie di scarico.
- Specifiche tecniche e configurazione

Le pinze di presa e i tasselli sono adatti per barre con diametro compreso tra 16 e 35 mm. Questi componenti sono realizzati con materiali che non danneggiano la superficie verniciata delle barre, ma che al contempo garantiscono un adeguato grip durante la movimentazione.

Le pinze dei robot sono capaci di operare sia in alta che in bassa pressione per gestire le diverse fasi di orientamento della barra.

La programmazione dei robot include la gestione degli OFF-SET per tutti i punti di presa e deposito, così come per la stazione di etichettatura. Questi OFF-SET sono specifici per ciascuna ricetta.

Queste specifiche assicurano che l'isola di assemblaggio sia ottimizzata per efficienza e precisione, integrando tecnologie avanzate per l'automazione industriale nel rispetto delle necessità produttive e delle normative di qualità.



Figura 20

3.3.6 Stazione di Etichettatura

La linea di produzione è dotata di una stazione dedicata all'applicazione di etichette sulle barre in uscita dalla graffatrice. Le etichette includono un codice a barre, un codice datamatrix o entrambi i codici sulla stessa etichetta. Le informazioni contenute nei codici a barre/datamatrix, così come quelle in formato leggibile, possono essere gestite ed inviate direttamente dal PLC alla stampante. Qualora fosse necessario gestire un codice seriale, è stato implementato un sistema che impedisce la stampa del medesimo seriale sia in modalità automatica che manuale.

La stampante è installata su una struttura dedicata e fissa, mentre il posizionamento della barra sotto la stampante è affidato al Robot 2.

Per ottimizzare l'allineamento della barra, è prevista una struttura che consente la rotazione della barra nelle pinze del robot.



Figura 21

3.3.7 Baia di Scarico

Le barre, una volta assemblate ed etichettate, vengono rimosse utilizzando il Robot 2 e depositate in due postazioni identiche; la prima è attivamente impegnata nella lavorazione mentre la seconda rimane in attesa di cambio contenitore. Le suddette baie di scarico sono salvaguardate da due cancelli, i quali consentono alternativamente all'operatore di accedere per il prelievo del rack completato. Sono presenti inoltre sistemi di sicurezza, quali barriere ottiche, al fine di proteggere l'area durante la movimentazione dei cancelli.

Sono inoltre presenti torrette luminose su entrambe le baie per indicare agli operatori la disponibilità del rack alla rimozione dalla linea. Le barre sono sistemate su racks specificamente progettati su più livelli, dotati di interassi regolabili per i supporti di appoggio delle barre stesse.

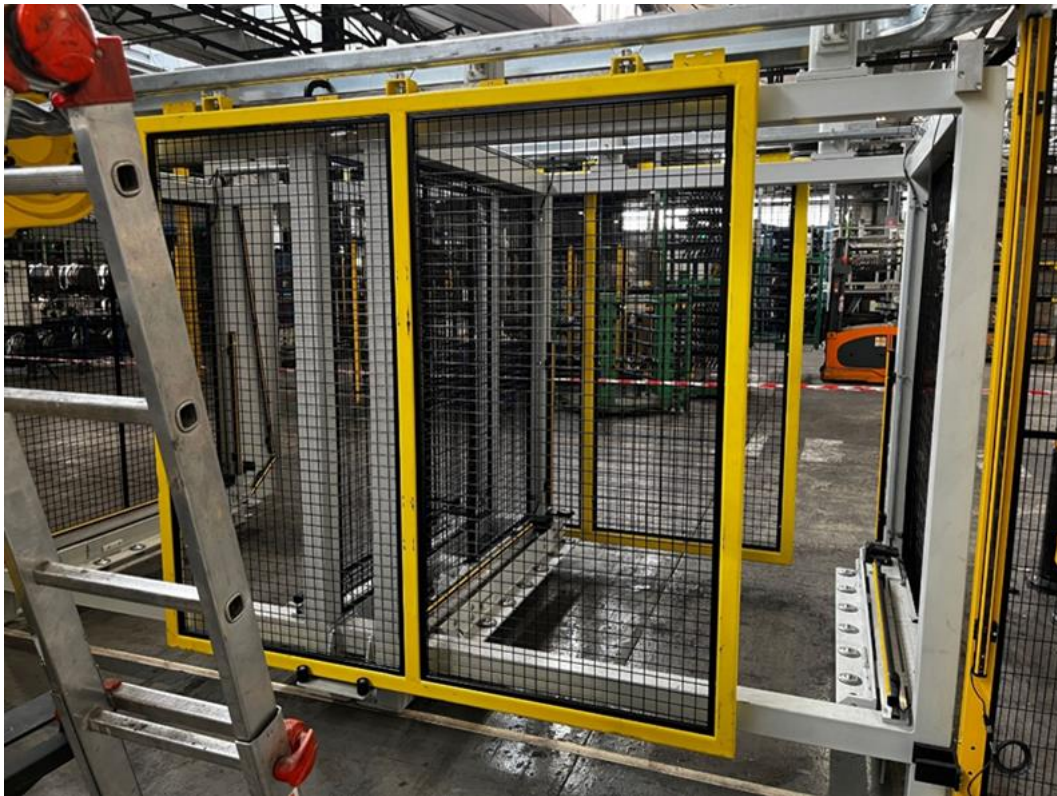


Figura 22

4. ANALISI TEORICA DELLA LINEA

4.1 Analisi delle criticità

Durante la fase di installazione della linea di produzione, ho partecipato attivamente, con particolare attenzione alla programmazione del PLC (Programmable Logic Controller). In questo contesto, ho collaborato strettamente con il team di progettazione della linea e con i tecnici specializzati, contribuendo alla ricerca e definizione delle condizioni operative ottimali per garantire un funzionamento efficiente e preciso dei robot all'interno del sistema produttivo. Questo coinvolgimento ha incluso l'analisi dei parametri di configurazione e l'implementazione di soluzioni tecniche mirate a ottimizzare le prestazioni dei robot, assicurando la loro integrazione armoniosa e funzionale nella linea di produzione.

La fase di test è stata condotta attraverso un processo sistematico e articolato. Inizialmente, dopo l'installazione completa di tutti i macchinari, si è proceduto, con la collaborazione dei tecnici specializzati, alla programmazione del PLC (Programmable Logic Controller). Durante questa fase preliminare, è stata posta particolare attenzione all'identificazione e alla risoluzione di tutte le criticità presenti nel codice del PLC, al fine di garantire un funzionamento ottimale della linea produttiva.

Successivamente, si è avviata la linea di produzione a una velocità ridotta, operando al 40% della capacità massima. Questo approccio è stato adottato con l'obiettivo di individuare e analizzare eventuali conflitti operativi derivanti dalla

stretta interazione tra i due robot integrati nella linea. La scelta di una velocità moderata ha consentito di monitorare con precisione il comportamento dei sistemi automatizzati, riducendo al minimo il rischio di danni o errori operativi durante il processo di test.

Durante questa fase di osservazione, è emerso un critico collo di bottiglia che comprometteva l'efficienza complessiva della linea, determinando una bassa utilizzazione delle risorse disponibili e, conseguentemente, un incremento significativo dei tempi ciclo. Tale inefficienza, rilevata attraverso un'analisi dettagliata del flusso di lavoro, suggeriva la necessità di una riorganizzazione strategica della linea produttiva. Un intervento mirato in tal senso avrebbe potuto ottimizzare il flusso produttivo, riducendo gli sprechi e migliorando significativamente le performance della linea in termini di produttività e tempi di produzione.

La criticità riscontrata riguarda la necessità per l'operatore di accedere all'area di lavoro dei robot due volte per ogni ciclo produttivo. Questa esigenza comporta l'interruzione temporanea della linea di produzione per motivi di sicurezza, durante il tempo necessario affinché l'operatore completi le operazioni richieste.

Le operazioni svolte dall'operatore sono le seguenti:

1. **Predisposizione staffe e cavallotti:** Nella prima fase, l'operatore è tenuto a inserire manualmente due piastre e due cavallotti nelle rispettive sedi della

graffatrice. Durante questa operazione, è necessario attendere che il robot 1 posizioni la barra stabilizzatrice, già sfiammata, proveniente dal nastro trasportatore.

2. **Completamento dell'Assemblaggio:** Una volta che la barra stabilizzatrice è stata correttamente posizionata nella sua sede, l'operatore deve nuovamente entrare nell'area di lavoro dei robot per inserire i gommini necessari al completamento dell'assemblaggio della barra.

Questa sequenza operativa evidenzia una criticità significativa: i robot sono costretti a fermarsi per un periodo di tempo prolungato, in attesa che l'operatore completi le sue attività manuali. Tale interruzione non solo rallenta l'efficienza complessiva del ciclo produttivo, ma rappresenta anche un potenziale rischio per l'ottimizzazione del flusso di lavoro, aumentando il tempo ciclo e riducendo l'utilizzazione delle risorse automatizzate.

Per migliorare l'efficienza del sistema, sarebbe opportuno considerare soluzioni alternative, come l'automatizzazione delle operazioni manuali o la riprogettazione del flusso di lavoro per minimizzare l'interazione diretta dell'operatore con l'area di lavoro dei robot. Questo permetterebbe di ridurre i tempi di fermo della linea e di ottimizzare l'utilizzo delle risorse robotiche, migliorando così la produttività complessiva.

Ho riflettuto attentamente sulle possibili soluzioni per ridurre il numero di ingressi dell'operatore nell'area di lavoro dei robot, passando da due a uno. A tal proposito, ho proposto al responsabile di progetto l'opzione di trasferire le operazioni di sfiammatura e di inserimento dei gommini a una linea adiacente. Questa modifica permetterebbe alla barra di arrivare al nastro trasportatore già completa dei gommini necessari.

L'implementazione di questa soluzione comporterebbe diversi vantaggi significativi:

- **Riduzione dell'Intervento Manuale:** per ogni ciclo l'operatore si dovrà limitare alla sola predisposizione di staffe e cavallotti nelle opportune sedi in attesa del deposito della barra, già munita di gommini, sulla graffatrice
- **Aumento dell'Utilizzazione della Linea:** ridurre le operazioni manuali comporta una conseguente diminuzione del fermo macchina, comportando un aumento dell'utilizzazione della linea e un conseguente aumento dell'efficienza del processo produttivo.
- **Miglioramento della Sicurezza:** riducendo la quantità di operazioni manuali per ciclo diminuisce di conseguenza il rischio imprevisti e infortuni causati dalla fallibilità umana.

Questa proposta, se implementata, potrebbe portare a un miglioramento significativo non solo in termini di efficienza operativa ma anche di sicurezza e sostenibilità del processo produttivo.

La soluzione da me proposta ha acquisito ulteriore validità quando il responsabile di progetto ha rivelato che una soluzione analoga era già stata implementata con successo in una linea gemella. Questo precedente non solo conferma la fattibilità della proposta, ma rafforza anche la sua rilevanza e applicabilità nel contesto attuale.

Tuttavia, comprendo che considerazioni di questo tipo dovrebbero essere affrontate principalmente durante la fase di progettazione della linea, piuttosto che durante la fase di test. Infatti, intervenire sulla riorganizzazione della linea in questa fase avanzata potrebbe comportare significative perdite economiche e potenziali ritardi nell'evasione degli ordini previsti.

La mia analisi mira a evidenziare le potenzialità dell'implementazione del World Class Manufacturing (WCM) fin dalla fase di progettazione di una linea produttiva. L'adozione del WCM in questa fase iniziale consente di ottimizzare l'efficienza operativa, migliorare la qualità dei prodotti, aumentare la sicurezza sul lavoro e ridurre i costi di produzione. Inoltre, tale approccio permette all'azienda di adattarsi

con maggiore flessibilità alle dinamiche del mercato, rispondendo prontamente alle esigenze dei clienti.

Nel paragrafo successivo, procederò a mettere in luce i notevoli miglioramenti che la soluzione sopracitata apporterebbe alla linea produttiva, con particolare riferimento all'aumento dell'utilizzazione, alla riduzione dei tempi ciclo e alla conseguente diminuzione dei costi operativi.

4.2 Analisi tempi ciclo

Per l'analisi del tempo ciclo, è stato preso in considerazione esclusivamente l'utilizzo della graffatrice, identificata come il collo di bottiglia che determina il tempo ciclo complessivo dell'intera linea produttiva. Al fine di facilitare la comprensione della tabella che seguirà, è necessario fornire una spiegazione dettagliata di ciascuna voce presente:

- **Elementi di operazione:** questa categoria comprende la descrizione dettagliata delle diverse operazioni che compongono il ciclo di produzione.
- **Frequenza ciclo:** si riferisce alla frequenza con cui una determinata operazione si ripete all'interno di ogni ciclo produttivo.

- **Tempi effettivi MF-ML:** questi sono i tempi effettivi delle operazioni, rilevati direttamente sulla linea produttiva.
- **Fattore di riposo:** rappresenta un coefficiente di incremento del tempo effettivo, necessario per tenere conto dei rallentamenti fisiologici degli operatori.
- **MF:** indica il tempo impiegato dagli operatori per svolgere l'operazione, corretto tramite il fattore di riposo, durante il fermo della linea.
- **ML:** si riferisce al tempo dell'operazione svolto dagli operatori, corretto tramite il fattore di riposo, mentre la linea è in movimento.
- **TM:** rappresenta il tempo dell'operazione eseguita dalle macchine.
- **Ore Lavorate:** indica la durata complessiva di un turno di lavoro.
- **Velocità (ritmo):** si riferisce alla velocità operativa della linea di produzione.
- **Service man:** quantità di operatori presenti e necessari al funzionamento della linea
- **Fattore fisiologico:** queste sono le perdite di tempo dovute a necessità fisiologiche degli operatori, come pause per il bagno o riposo breve.

- **Imprevisti:** includono le perdite di tempo non pianificate che possono verificarsi durante il ciclo produttivo.
- **Pulizia:** rappresenta il tempo impiegato per la pulizia della linea durante il turno di lavoro, un'attività che richiede inevitabilmente il fermo della linea.
- **Altro:** si riferisce a eventuali ulteriori perdite di tempo che non rientrano nelle categorie precedenti.
- **Saturazione:** grado di utilizzo della capacità di una linea di produzione, espressa come la percentuale di tempo in cui la linea è effettivamente impegnata nella produzione rispetto al tempo totale disponibile

Segue la tabella Excel utilizzata per il calcolo dei parametri sopracitati, quali tra tutti

Saturazione, Produzione Oraria e Pezzi Turno.

Per rendere più evidente la portata del collo di bottiglia segue un diagramma a colonne in cui sono presenti, sulle ascisse, le operazioni divise per stazione di lavoro, e sulle ordinate il tempo della suddetta operazione:

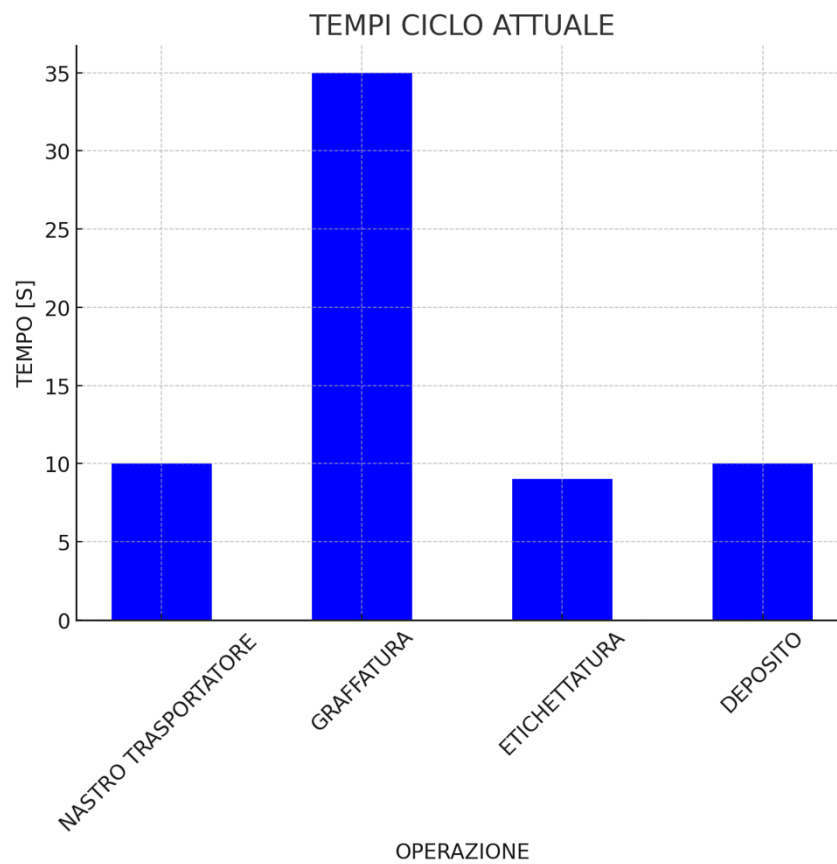


Figura 24

4.2.1 Valori ottenuti

Uno dei parametri più rilevanti da considerare è senza dubbio il grado di saturazione (**66%**), il quale risulta essere leggermente inferiore alle aspettative. Questo valore ridotto mette in luce lo scarso utilizzo della linea di produzione, dovuto principalmente alla presenza di un collo di bottiglia che limita la capacità operativa complessiva. La bassa saturazione riflette quindi una sub ottimizzazione delle risorse disponibili, evidenziando la necessità di intervenire per migliorare l'efficienza e incrementare la produttività dell'intera linea.

In seguito alla presentazione della tabella precedente, ritengo essenziale approfondire ulteriormente il concetto di saturazione. Questo approfondimento è fondamentale per comprendere appieno le dinamiche operative della linea di produzione e per valutare con maggiore precisione l'efficacia delle strategie di ottimizzazione implementate.

Il grado di saturazione di una linea di produzione può essere definito come una misura dell'utilizzo effettivo della capacità produttiva di una linea di produzione. In termini semplici, il grado di saturazione riflette la percentuale di tempo in cui la linea è attiva rispetto al tempo totale disponibile. Un grado di saturazione elevato indica che la linea è sfruttata al massimo delle sue potenzialità, un basso grado di saturazione indica la presenza di eccessivi tempi morti e inefficienze. La formula del grado di saturazione è solitamente calcolata confrontando i tempi effettivi di lavoro,

sia delle macchine che delle persone, con il tempo totale disponibile. La formula più frequentemente utilizzata è:

$$Sat. = \frac{1 - (TM - ML)}{MF + ML + TM}$$

- **TM – ML:** rappresenta il tempo che le macchine potrebbero lavorare ma non lo fanno (potenziale inutilizzato della macchina).
- **MF + ML + TM:** è il totale dei tempi considerati, includendo sia il lavoro degli operatori che quello delle macchine.

Il risultato è espresso in percentuale, e indica il grado di utilizzazione della linea. Se il risultato è del 100%, significa che la linea è tenuta al massimo della sua capacità inutili fermi macchina. Un risultato di meno del 100% indica la presenza di tempi morti, pause non attese, o sincronizzazione carente tra operatore e macchina.

Monitorando accuratamente la saturazione della linea, è possibile individuare eccessivi colli di bottiglia all'interno del processo produttivo. Prendendo coscienza di queste informazioni, è possibile intervenire per ottimizzare la produzione, ridurre i tempi morti e ottimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili, aumentando l'efficienza operativa connessa a un maggior grado di saturazione.

I valori ottimali di saturazione di linea per un lavoratore possono variare da un caso all'altro, tuttavia, ricadono all'interno di un intervallo che permette di ottenere alti risultati di produttività senza compromettere la qualità del posto di lavoro e senza

creare un'eccessiva pressione sul personale o sui mezzi. Un grado di saturazione ideale può variare tra il 75% e il 90%.

Le motivazioni dietro alla scelta di questo range di valori sono:

1. **Evitare Sovraccarico:** Un elevato grado di saturazione, generalmente vicino al 100%, suggerisce che la linea di produzione operi alla massima capacità teorica. Questo potrebbe sembrare positivo, ma in realtà è pericoloso dato che aumenta i rischi di sovraccarico delle macchine e sforzo del personale. Una linea soprassatura indica che non c'è spazio per accogliere eventuali incidenti, manutenzioni, guasti o modifiche nella programmazione di produzione che possono creare un imprevisto, aumentando il rischio di downtime non programmato.

2. **Gestione di Eventuali Imprevisti:**

- Mantenendo la saturazione al di sotto del 90%, è possibile includere alcuni margini di sicurezza per situazioni impreviste, come guasti delle attrezzature o la necessità di eseguire la manutenzione. Questo margine consente di gestire al meglio downtime di produzione imprevisto, senza una riduzione eccessiva dell'efficienza produttiva.

3. **Flessibilità Operativa:**

- Con una saturazione tra il 75% e il 90%, si dispone della flessibilità fisiologica necessaria alla gestione degli imprevisti. Questo è particolarmente importante in un ambiente produttivo dinamico, dove le esigenze possono cambiare nel tempo molto brevemente.

Una linea troppo saturo non può più reagire in tempo alle variazioni di domanda o eventuali periodi di incremento della produzione.

4. **Qualità del Prodotto:**

- Una saturazione molto alta può causare velocità eccessiva e possibilmente anche dannosa. Conferendo a tutto il ciclo l'attenzione adeguata, possono essere ridotte eventuali difettosità.

5. **Benessere degli Operatori:**

- Un grado di saturazione troppo elevato può mettere eccessiva pressione sugli operatori, aumentando il rischio di errori umani, affaticamento e riduzione della motivazione. Un livello di saturazione ottimale garantisce che gli operatori possano lavorare in modo efficiente senza essere costantemente al limite delle loro capacità.

Valutare il grado di saturazione utilizzando i tempi rilevati durante la fase di test può risultare di limitata utilità, poiché tali tempi non riflettono accuratamente le condizioni operative che si riscontreranno durante la fase di produzione su larga scala. Tuttavia, l'obiettivo primario della mia analisi non è quello di fornire una stima precisa del grado di saturazione in condizioni di produzione reali, ma piuttosto di mettere in evidenza il significativo aumento di questo parametro, insieme ad altri indicatori che verranno esaminati successivamente, reso possibile dall'implementazione della mia proposta.

In questo contesto, la fase di test serve come punto di riferimento per osservare le tendenze e le potenzialità del sistema, in modo da anticipare gli effetti positivi che l'adozione delle nuove strategie potrà apportare in un ambiente produttivo completamente operativo. Pertanto, sebbene i dati raccolti durante i test non possano essere considerati come un riflesso esatto della produzione di massa, essi rappresentano un valido strumento per dimostrare il potenziale miglioramento dell'efficienza produttiva derivante dalle modifiche proposte.

La tabella Excel presentata in precedenza mostra una riorganizzazione delle operazioni, con particolare attenzione alla riduzione degli ingressi dell'operatore nell'area di lavoro. Questa ristrutturazione è stata progettata per ottimizzare il flusso produttivo e migliorare l'efficienza operativa, riducendo i tempi morti e potenzialmente aumentando la produttività complessiva della linea.

Considerata l'impossibilità di rilevare i tempi effettivi direttamente sulla linea di produzione, ho provveduto a ipotizzare dei valori, basandomi sui dati disponibili relativi al ciclo di produzione attuale. Questi valori stimati hanno lo scopo di fornire una rappresentazione realistica delle tempistiche, consentendo una valutazione preliminare delle potenziali migliorie derivanti dalla riorganizzazione proposta.

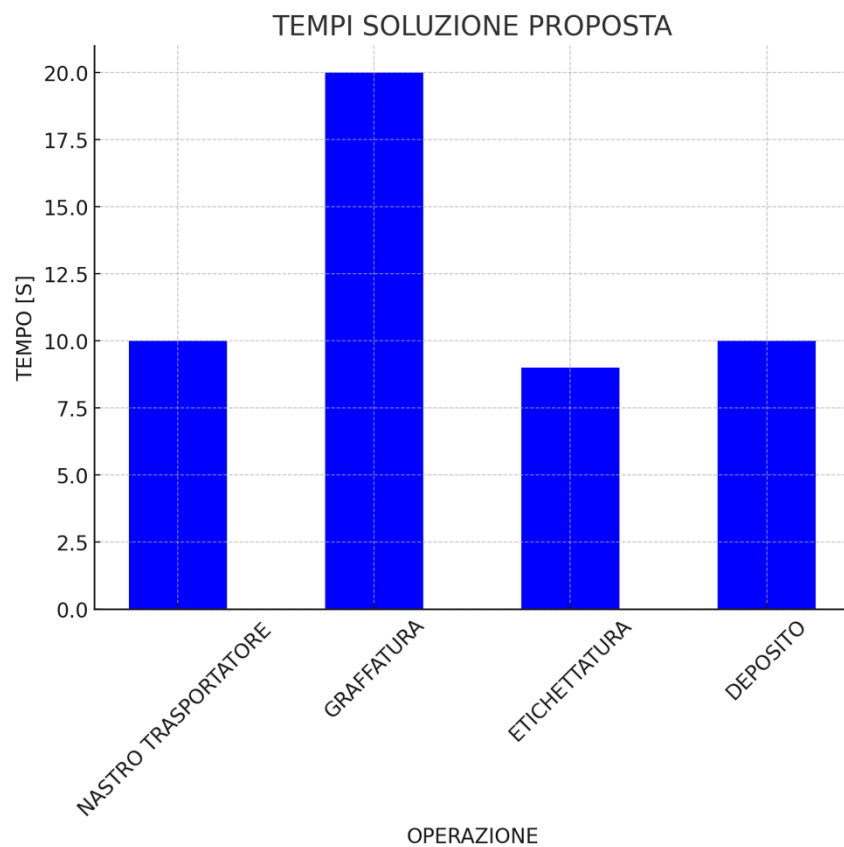
Risulta subito evidente un notevole incremento nei principali parametri di performance, quali **Grado di Saturazione, Produzione Oraria e Pezzi turno**.

Questi valori evidenziano chiaramente l'impatto positivo della riorganizzazione proposta. Per rendere ancora più evidente il confronto tra il ciclo di lavorazione attuale e la soluzione ottimizzata, verrà presentata una tabella supplementare. Questa tabella consentirà di visualizzare in maniera chiara e dettagliata le differenze tra le due configurazioni, mettendo in risalto i miglioramenti ottenuti grazie all'implementazione delle nuove strategie operative.

SOLUZIONE	SATURAZIONE	FATTORE FISIOLG.	CICLO PEZZO MINUTI	PROD. ORARIA	PEZZI TURNO
PROPOSTA	85%	0,011	0,300	199,8	1498
CICLO	SATURAZIONE	FATTORE FISIOLG.	CICLO PEZZO MINUTI	PROD. ORARIA	PEZZI TURNO
ATTUALE	66%	0,022	0,574	104,6	785

Figura 26

Di seguito si propone un diagramma Excel analogo al paragrafo precedente per evidenziare il “livellamento” dei tempi ottenuto con la soluzione proposta, ciò denota l’ottimizzazione del collo di bottiglia e dimostra quindi le motivazioni dietro all’incremento della saturazione della linea:



Come si può vedere dal grafico, il collo di bottiglia ha subito una riduzione di più del **40%** e ciò porta inevitabilmente ad un aumento dei valori di saturazione e produttività.

4.4 Vantaggi della Transizione da Tre a Due Turni

In seguito all'implementazione teorica della soluzione proposta, L'incremento della produzione oraria risulta essere tale da poter prendere in considerazione la possibilità di far lavorare la linea solamente su due turni. Infatti, con il nuovo ciclo produttivo riusciamo ad ottenere una produzione giornaliera di **2996 pezzi**, nettamente superiore alla produzione oraria con l'attuale ciclo di produzione su tre turni (**2355 pezzi**).

Di seguito verranno presentati i vantaggi di passare ad una lavorazione su due turni:

1. **Riduzione dei Costi Operativi:** lavorare meno ore al giorno comporterebbe un ovvio risparmio economico in termini di energia elettrica che in costo della manodopera; infatti, la remunerazione per la manodopera notturna ha un costo più elevato rispetto a quella diurna. Verrebbero inoltre ridotti, in maniera mascherata, anche i costi di manutenzione.
2. **Miglioramento del Benessere dei Lavoratori:** lavorare di notte può inevitabilmente portare a creare una maggiore condizione di stress nei lavoratori, creando un'ambiente di lavoro meno confortevole. Ciò, di conseguenza, potrebbe togliere valore aggiunto alla produzione, in quanto un l'operatore potrebbe performare in maniera inferiore.
3. **Manutenzione e Riparazioni:** ridurre le ore giornaliere di lavoro della linea comporta una quantità di ore annuale inferiore di lavoro continuativo. Ciò

comporta indirettamente un aumento della vita utile dei macchinari e quindi la possibilità di organizzare la manutenzione ordinaria della linea in maniera meno serrata. Si avrebbero vantaggi, inoltre, anche per quanto riguarda le riparazioni straordinarie, le quali potrebbero essere svolte durante il turno di fermo, in modo tale da evitare uno stop non programmato della produzione.

4. **Maggiore Flessibilità Operativa:** predisporre un turno di fermo giornaliero potrebbe dare abbastanza tempo per riprogrammare la linea in occasione di domande particolari da parte del cliente senza interrompere la produzione. Ciò porterebbe a maggiore valore aggiunto ed efficienza data dall'elevata flessibilità della linea.

4.4.1 Riduzione dei Costi Operativi

1. Riduzione dei Costi di Manodopera:

- **Salari e Benefici:** Riducendo le ore giornaliere di utilizzo della linea si riducono anche le ore di manodopera necessarie a tenere la linea attiva e funzionante.
- **Riduzione del Lavoro Straordinario:** Eliminare il turno di lavoro notturno comporta una notevole riduzione dei costi della manodopera dati dal fatto che la remunerazione per il lavoro notturno comporta delle fisiologiche maggiorazioni.

2. Risparmio sui Costi Energetici:

- **Consumo Energetico Ridotto:** Risulta evidente come la riduzione giornaliera di attività della linea comporti una conseguente riduzione delle spese per l'energia elettrica necessaria al funzionamento della linea stessa.

3. **Minori Costi di Manutenzione:**

- **Meno Usura delle Attrezzature:** Riducendo i turni di lavoro giornalieri si ottiene una ovvia riduzione delle ore di lavoro annuali, aumentando indirettamente la vita utile dei macchinari e riducendone lo stress.
- **Maggior Tempo per Manutenzione Preventiva:** Avendo a disposizione un turno giornaliero di fermo macchina, si ha a disposizione il tempo necessario per una pianificazione della manutenzione preventiva senza la necessità di interrompere la produzione.

4. **Diminuzione dei Costi Indiretti:**

- **Riduzione dei Costi di Supervisione:** Una riduzione delle ore di lavoro giornaliera comporta una evidente riduzione dei costi associati, che si traduce in minore bisogno di personale di supervisione, coordinamento e sicurezza.

- **Riduzione dei Costi di Supporto:** Una riduzione dei turni comporta una riduzione costi collegati a pulizia, logistica interna e gestione delle scorte.

5. **Miglioramento dell'Efficienza Operativa:**

- **Ottimizzazione delle Risorse:** Meno turni di lavoro comportano una maggiore concentrazione delle risorse disponibili con un conseguente aumento dell'efficienza e una riduzione degli sprechi .
- **Riduzione dell'errore umano:** evitare la necessità del lavoro notturno può comportare una riduzione della fatica degli operatori, migliorando la qualità del lavoro e riducendo i costi associati a errori e difetti di produzione.

4.4.2 Miglioramento del Benessere dei Lavoratori

1. Migliore Equilibrio tra Vita Lavorativa e Personale

- **Orari di Lavoro più Regolari:** la riduzione dei turni di lavoro permette ai lavoratori di avere orari più regolari. Ciò significa che i lavoratori migliorano la pianificazione fuori dal lavoro e, pertanto, migliora l'equilibrio tra gli impegni di lavoro e privati, aumentando la soddisfazione personale.
- **Riduzione del Lavoro Notturno:** il passaggio a 2 turni può ridurre la necessità di lavoro notturno. Il lavoro notturno può essere associato a

diversi problemi di salute e benessere. Ad esempio, disturba il ritmo circadiano, provocando problemi legati al sonno, affaticamento cronico e altri problemi di salute

2. Riduzione dello Stress e della Fatica

- **Diminuzione della Pressione Lavorativa:** l'eliminazione della turnazione notturna può evitare la riduzione delle ore di riposo tra un turno ed un altro. Ciò aiuta il lavoratore a gestire meglio la pressione in ambito lavorativo, diminuendo il rischio di esaurimento

3. Miglioramento della Salute e Sicurezza

- **Benefici per la Salute Fisica:** Evitare i turni notturni può portare benefici a livello di salute al lavoratore regolarizzando il sonno e riducendo la fatica, diminuendone i possibili problemi correlati, quali, problemi cardiovascolari disturbi digestivi e problemi muscoloscheletrici.

4. Aumento della Motivazione e della Soddisfazione sul Lavoro

- **Maggiore Morale:** ridurre le condizioni di stress a cui il personale di produzione può essere sottoposto può causare un aumento della motivazione e del morale, portando indirettamente ad un incremento della produttività e dell'efficienza.
- **Senso di Appartenenza:** l'eliminazione della turnazione notturna può generare all'interno del personale di produzione un senso di valorizzazione del fattore umano. Far vedere ai lavoratori che la priorità della gestione

della produzione interessa anche il benessere e lo stato di salute psicofisico del personale può rafforzare il senso di appartenenza e la dedizione al lavoro.

5. Riduzione del Turnover e dell'Assenteismo

- **Migliore Ritenzione del Personale:** ridurre le condizioni di stress all'interno del personale di produzione diminuisce l'insoddisfazione dei lavoratori, e ciò riduce le possibilità che il dipendente senta la necessità di lasciare l'azienda. Ciò porta ad una maggiore stabilità del personale di produzione riducendo di conseguenza i costi legati alla formazione di eventuale nuovo personale.
- **Diminuzione dell'Assenteismo:** aumentare le condizioni di comfort per i lavoratori riduce l'eventuale assenteismo causato da insoddisfazione, incrementando di conseguenza produttività ed efficienza del processo produttivo.

4.4.3 Manutenzione e Riparazioni

1. Aumento del Tempo Disponibile per Manutenzione Programmata

- **Maggiore Flessibilità nelle Programmazioni:** La riduzione dei turni di lavoro mette a disposizione del personale manutentivo un turno giornaliero di fermo macchina, conferendo il tempo necessario per una pianificazione della manutenzione preventiva senza la necessità di interrompere la produzione.
- **Minore Urgenza negli Interventi:** Mettere a disposizione del personale di manutenzione più tempo per eseguire le stesse operazioni può ridurre le condizioni di stress garantendone una maggiore efficienza.

2. Riduzione del Rischio di Guasti Improvvisi

- **Interventi Preventivi più Efficaci:** Disporre di più tempo per la manutenzione preventiva può comportare una diminuzione di guasti imprevisti. Grazie al turno di fermo macchina giornaliero i tecnici hanno a disposizione più tempo per effettuare un'ispezione approfondita dei macchinari ed evitare criticità che possono causare downtime non programmato.
- **Prolungamento della Vita Utile delle Attrezzature:** una manutenzione preventiva più attenta e dettagliata comporta una riduzione dell'usura dei

macchinari con un conseguente incremento della vita utile. Ciò porta ad un aumento dell'efficienza riducendo frequenza e gravità dei guasti.

3. Miglioramento dell'Efficienza della Manutenzione

- **Ottimizzazione delle Risorse Manutentive:** avere più tempo a disposizione può dare la possibilità al personale specializzato di stilare un piano di manutenzione programmata più efficiente, minimizzando i fermi macchina e incrementando l'efficacia di riparazioni e manutenzioni.
- **Riduzione dei downtime:** migliorare la programmazione della manutenzione diminuisce il rischio di downtime non programmato conseguente ad un guasto. Ciò non solo riduce le perdite dovute all'arresto della produzione, ma anche i costi legati al tempo di ripristino dei macchinari.

4. Migliore Pianificazione della Manutenzione Straordinaria

- **Interventi Straordinari più Gestibili:** Avere a disposizione un turno giornaliero di fermo macchina consente di poter destinare del tempo alla gestione di interventi straordinari sulla linea senza dover necessariamente interrompere la produzione.
- **Maggiore Disponibilità delle Parti di Ricambio:** La riduzione dei turni di lavoro conferisce più tempo al personale manutentivo per creare una

programmazione efficiente per l'approvvigionamento delle parti di ricambio in caso di guasto.

5. Incremento della Sicurezza Operativa

- **Migliore Condizione delle Attrezzature:** un incremento delle condizioni dei macchinari non comporta solamente un aumento dell'efficienza produttiva, ma anche un ambiente più sicuro per i lavoratori. Ciò riduce il rischio infortuni e aumenta la sensazione di sicurezza all'interno del personale di produzione.
- **Minore Stress sulle Macchine:** dare il tempo alle macchine di "respirare" riduce lo stress accumulato da quest'ultime riducendo tasso di usura e rischio guasti. Tutto ciò comporta un incremento della sicurezza e dell'affidabilità degli impianti.

4.4.4 Maggiore flessibilità operativa

1. Capacità di Rispondere Rapidamente alle Variazioni della Domanda

- **Adattabilità alle Fluttuazioni della Domanda:** lavorando su 2 turni anziché su 3, la produzione ha la possibilità di incrementare la produzione, in caso di un aumento non programmato della domanda. Infatti ciò conferisce la possibilità di introdurre temporaneamente un terzo turno di lavoro senza un incremento dello stress di macchinari e lavoratori causato dall'eventuale sovrasaturazione del processo produttivo.

- **Riduzione del Rischio di Sovraproduzione:** L'azienda può evitare la sovrapproduzione lavorando su 2 turni anziché 3, la quale, spesso porta all'eccesso di magazzino invenduto. La flessibilità fornita dalla riduzione ai due turni aiuta ad allineare meglio la produzione alla domanda effettiva, ottimizzando l'inventario e riducendo i costi di stoccaggio.

2. Ottimizzazione della Gestione delle Risorse Umane

- **Maggiore Flessibilità nell'Allocazione del Personale:** È più facile riallocare il personale con due turni a seconda delle esigenze operative. Se è necessario produrre di più, l'azienda può gestire lo straordinario o temporaneamente reintrodurre il terzo turno. Se la domanda è inferiore, viene mantenuta solo una parte del personale, riducendo i costi senza ridurre la capacità di produzione.

3. Migliore Pianificazione della Produzione

- **Flessibilità nella Programmazione:** Grazie alla riduzione dei turni di lavoro, l'azienda ha più opportunità di pianificare la produzione in modo strategico. La strategia di produrre di meno o di più in risposta alle fluttuazioni giornaliere o stagionali della domanda, permette di sfruttare al meglio le proprie risorse e mantenersi un passo avanti, evitando gli sprechi.
- **Efficienza nelle Operazioni di Setup e Cambio Linea:** Con meno turni, la pianificazione di attività quali setup, cambio di linea o di nuovi prodotti può essere eseguita in modo più efficace. Spostando la maggior parte di esse durante il fermo macchina, si può ridurre l'impatto sulla produzione e realizzare il massimo guadagno di tempo.

4. Capacità di Gestire Progetti Speciali o Produzioni Personalizzate

- **Gestione Flessibile di Progetti a Breve Termine:** Un terzo turno non utilizzato abitualmente offre la possibilità di inserire progetti speciali, prototipi o prodotti su ordinazione senza compromettere con la produzione normale.
- **Sperimentazione e Innovazione:** Un turno di fermo macchina può dare tempo al reparto di ricerca e sviluppo per la sperimentazione e test di nuove soluzioni, tecnologie o layout, senza interrompere il processo produttivo.

5 CONCLUSIONI

In conclusione, l'adozione del World Class Manufacturing (WCM) nelle aziende porta un notevole vantaggio competitivo, in particolare riducendo i sopraccitati sprechi e tempi morti. Il WCM, con la complessa e sistematica struttura, permette alle imprese di ottimizzare i processi produttivi eliminando le diseconomie e gestendo in modo razionale le risorse.

Grazie all'attenzione ai "sette sprechi" della produzione, quali sovrapproduzione, attese, trasporti non necessari, processi inefficienti, scorte eccessive, movimenti inutili, difetti, si riducono le perdite in ogni fase della produzione. Inoltre, il WCM si concentra sulla riduzione dei colli di bottiglia, ovvero le lavorazioni che condizionano l'intero tempo ciclo.

Con gli strumenti come TPM e TQM, l'azienda riesce a identificare i problemi e eliminarli in modo preventivo, ciò porta non solo a ridurre significativamente i tempi morti ma a un utilizzo più efficace delle risorse umani e materiali. La continua attenzione allo sviluppo e miglioramento, coinvolgendo tutto il personale, assicura che ogni fase del processo produttivo sia ottimizzata.

Ciò si traduce non solo in una maggiore produttività, ma in una maggiore responsabilità e cultura del miglioramento aziendale. Infine, il WCM permette alle aziende di migliorare la propria posizione nel mercato globale riducendo i costi, aumentando la produzione e la qualità dei prodotti.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1-----<https://www.qualtrics.com/it/experience-management/cliente/voice-of-the-customer/>
- 2-----<https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>
- 3-----<https://www.manutenzione-online.com/articolo/adottare-il-metodo-5s-per-lorganizzazione-dei-propri-utensili/>
- 4-----<https://www.considi.it/lean-thinking/>
- 5-----<https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/kaizen/#:~:text=Il%20significato%3A%20in%20giapponese%20kaizen,%2C%20privata%2C%20sociale%2C%20professionale.&text=In%20questo%20detto%20%20C3%A8%20sottintesa,se%20di%20poco%2C%20cambia%20continuamente.>
- 6-----<https://www.headvisor.it/le-4-fasi-kaizen-del-miglioramento-continuo>
- 7-----<https://biblus.acca.it/total-productive-maintenance-tpm/>
- 8-----<https://auditservicecertification.com/2024/04/24/tqm/>
- 9-----<https://www.considi.it/tqm-total-quality-management/>
- 10-----<https://www.leanthinking.it/lean-world-class/cost-deployment/>
- 11-----<https://www.beltcourse.com/blog/the-7-steps-to-implement-focused-improvement>