



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE  
MARCHE**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

---

**Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale**

**Il TPM quale strumento della Lean production**

---

**The TPM as an instrument of Lean production**

Relatore:

Laureando

***Prof. Ing. Filippo Emanuele CIARAPICA***

**Hedi ABAOUB**

**Matricola: 1084398**

**Anno Accademico 2019-2020**

# **LEAN PRODUCTION**

*Sakichi Toyoda*

*“Ognuno di noi dovrebbe affrontare almeno una volta nella vita un grandissimo progetto.”*

# INDICE

## Capitolo 1.

### *La Lean Production nelle industrie manifatturiere*

#### 1.1 kaizen

#### 1.2 Principi Lean

1.2.1 Value

1.2.2 Stream

1.2.3 Flow

1.2.4 Pull

1.2.5 Perfection

#### 1.3 Gli sprechi – Muda

1.3.1 Sovrapproduzione

1.3.2 Stock

1.3.3 Processi inutili

1.3.4 Movimento inutile

1.3.5 Difetti

1.3.6 Attese/Code

1.3.7 Trasporto

## 1.4 Gli strumenti della Lean Production

1.4.1 Kanban

1.4.2 Takt Time

1.4.3 VPM

1.4.4 5S

1.4.5 Standard Work

1.4.6 Poka-Yoke

1.4.6 Just in Time

## **Capitolo 2.**

### *Il TPM come un' applicazione della Lean Production*

#### 2.1 La Manutenzione

2.1.1 La manutenzione nel tempo

2.1.2 L'affidabilità di una macchina

2.1.3 Il Guasto

2.1.4 Le politiche della manutenzione

#### 2.2 Introduzione alla TPM

#### 2.3 Regole della TPM

#### 2.4 Obiettivi della TPM

#### 2.5 L'OEE

#### 2.6 Applicazione della TPM

2.6.1 Studio di fattibilità

2.6.2 Pianificazione

2.6.3 Implementazione

2.6.4 Consolidamento

## 2.7 Gli 8 pilastri del TPM

2.7.1 I Pilastro - Leadership

2.7.2 II Pilastro - Organizzazione

2.7.3 III Pilastro - Manutenzione Autonoma

2.7.4 IV Pilastro – Focused Improvement

2.7.5 V Pilastro – Manutenzione Progressiva

2.4.6 VI Pilastro – Addestramento

2.4.7 VII Pilastro – Qualità

2.7.8 VIII Pilastro – Amministrazione

## **Capitolo 3.**

*Casi di studio di applicazioni di TPM nelle industrie manifatturiere.*

### 3.1 Implementazione TPM nella linea automobilistica

3.1.1 Introduzione

3.1.2 Indici utilizzati

3.1.3 Caso studio e Obiettivi

3.1.4 Risultati e analisi dei risultati

### 3.1.6 Conclusione

## 3.2 Miglioramento dell'efficacia complessiva delle attrezzature del centro di lavoro mediante TPM.

### 3.2.1 Introduzione

### 3.2.2 Analisi del processo

### 3.2.3 Mappatura

### 3.2.4 Implementazione di TPM e SMED

### 3.2.5 Risultati e discussione

### 3.2.6 Conclusione

## 3.3 L'impatto dell'applicazione di strumenti Lean per il miglioramento dei processi in un'azienda di plastica.

### 3.3.1 Introduzione

### 3.3.2 Metodologia utilizzata

### 3.3.3 Risultati

### 3.3.4 Discussione dei risultati

### 3.3.5 Conclusioni

## **Capitolo 4.**

### *Conclusioni, principali problematiche e sviluppi futuri della metodologia TPM.*

#### 4.1 Osservazioni conclusive

#### 4.2 Principali problematiche

## 4.3 Sviluppi future

4.3.1 Manutenzione autonoma

4.3.2 TQM e TPM

4.3.3 TPM e Six Sigma

## 4.4 Conclusione



# Capitolo 1: La “Lean Production” nelle industrie manifatturiere.

## 1.1 kaizen

L'era della globalizzazione ha colpito l'industria manifatturiera in tutto il mondo. La forte concorrenza globale è una delle molte sfide che i produttori devono affrontare a causa della globalizzazione.

Di conseguenza, i produttori devono fare qualcosa per assicurarsi di rimanere competitivi sul mercato. Una delle strategie messe in atto da molte aziende per migliorare la loro competitività è applicare la Lean production eseguendo l'idea di miglioramento continuo, o Kaizen, nella loro organizzazione.

La filosofia Kaizen si basa sulla comprensione del fatto che la nostra vita richiede un miglioramento costante. Pertanto, il modo migliore per reagire a questo aumento della competitività globale è che le aziende conducano continuamente le attività di miglioramento con l'obiettivo di ridurre i rifiuti.

La parola Kaizen deriva da due parole giapponesi "Kai" che significa cambiamento e "zen" che significa per il meglio.



**Kai = Change    Zen = Good**

Kaizen è una filosofia giapponese che promuove piccoli miglioramenti apportati a seguito di continui sforzi. Questi piccoli miglioramenti comportano la partecipazione di tutti i membri dell'organizzazione, dalla direzione ai dipendenti di livello inferiore.

Il miglioramento a lungo termine si ottiene facendo lavorare gradualmente i dipendenti verso standard di lavoro più elevati.

Kaizen è stato avviato come risposta a un problema affrontato dall'industria giapponese dopo la Seconda Guerra Mondiale, poiché ci furono risorse limitate e difficoltà nell'ottenere materie prime. Pertanto, le aziende giapponesi hanno iniziato a studiare come migliorare i loro processi di produzione minimizzando gli sprechi e ottimizzando l'efficienza dei processi.

Inizialmente le iniziative di Kaizen sono state guidate da Toyota Motor Company nel tentativo di diventare un leader automobilistico globale che ha cercato di enfatizzare cambiamenti incrementali, soluzione a basso costo, responsabilizzazione dei dipendenti e lo sviluppo di un'organizzazione che mantiene un miglioramento continuo con enfasi sul miglioramento del processo piuttosto che sul risultato.

Il lavoro di Kaizen, che comporta cambiamenti incrementali piuttosto che radicali, ha permesso alle persone coinvolte in questa attività di essere facilmente adattabili a tali cambiamenti, quindi integrando tali cambiamenti nelle loro attività quotidiane di routine.

Nell'ambito di questo concetto, Kaizen, si svolgono varie attività come orientamento al cliente, gestione della qualità totale (TQM), robotica, circoli di controllo qualità (QCC), sistema di suggerimenti, automazione, disciplina sul posto di lavoro, TPM, Kanban, Miglioramento della qualità, Just-In-Time (JIT), zero difetti, miglioramento della produttività e sviluppo di nuovi prodotti.

## 1.2 Principi Lean:

La “produzione snella” risulta essere un innovativo modello per la gestione della produzione.

Questo nuovo modo di vedere la produzione interessa l'intera catena produttiva dall'amministratore delegato al singolo operaio, ed è atto a conferire una maggiore flessibilità all'impresa attraverso una radicale riconfigurazione del flusso del valore.

Il termine “Lean Production” nacque dagli studiosi James P. Womack e Daniel T. Jones nel loro libro “La macchina che ha cambiato il mondo”, in cui misero a confronto i sistemi di produzione dei principali produttori statunitensi ed europei di automobili con la giapponese Toyota, rivelando la netta superiorità di quest'ultima rispetto a tutti gli altri.

La Lean Production quindi si basa sui concetti adottati dal sistema di produzione della Toyota (TPS) e si può dire rappresenti un'evoluzione del sistema di produzione di massa, impiegato ancora oggi da quasi tutte le aziende occidentali.

Il termine Lean, inoltre, esprime il concetto di riuscire a far fruttare al massimo l'impresa utilizzando il minimo di risorse disponibili, sia che si tratti di risorse umane, sia materiali, sia capitali, ecc.

Però per poter efficacemente riuscire in questo intento è necessario ridurre tutti gli sprechi (Muda) che inevitabilmente sono presenti in ogni fase della produzione, fino ad annullarli.

Il pensiero snello si basa su cinque pilastri fondamentali (Womack and Jones, 1996):

- 1) Value – Identifica il flusso del valore e combatti le attività che non generano valore
- 2) Stream - Identificare il flusso delle attività a valore in modo da risalire hai moda (scarti, errori, ripetizioni ...)
- 3) Flow – Creare il flusso delle attività creatrici di valore, in modo che scorrano senza interruzione
- 4) Pull – Fai in modo che il flusso sia tirato dal cliente (produrre solo ciò che chiede il cliente)
- 5) Perfection – Inseguì la perfezione tramite il miglioramento continuo (KAIZEN)

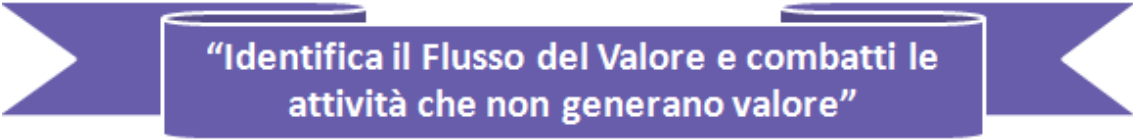


## “Identifica il Valore per il Cliente”

- il Valore è quello percepito dal cliente, e dunque è definito dal cliente, non dal fornitore;
- il Valore è sempre riferito ad un dato momento, prezzo e luogo;
- occorre comprendere quali attributi del prodotto/servizio generano valore percepito dal cliente e puntare a migliorare quelli (non ha senso migliorare un attributo cui il cliente riconosce poco valore!)

Di fatto il cliente basa le proprie percezioni di valore relative ad un prodotto, sul confronto tra ciò che riceve (GET) e ciò che dà (GIVE):

<b>GET</b>	<b>GIVE</b>
• vantaggi funzionali	• oneri monetari
• vantaggi psicologici	• oneri non monetari
• vantaggi sociali	• informativi e valutativi
• vantaggi esperienziali	• di reperimento e di acquisto
	: • psicologici e di apprendimento
	• di obsolescenza e dismissione
	• di esercizio e di manutenzione



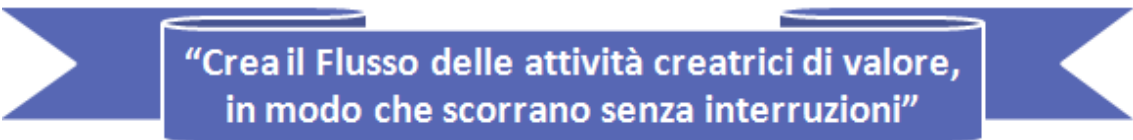
**“Identifica il Flusso del Valore e combatti le attività che non generano valore”**

Qui ci si domanda nell’ambito delle attività svolte da un’azienda e dalle sue persone, quali sono “importanti” e quali invece non lo sono.

Tutte le attività che creano valore percepito dal cliente vengono considerate importanti, le altre invece devono essere guardate con sospetto. Nella filosofia giapponese, le attività che non generano valore sono considerate “sprechi” e vanno combattute.

Nella realtà alcune attività senza valore aggiunto sono purtroppo ineliminabili (o eliminabili solo in parte) in quanto necessarie al funzionamento dell’azienda, mentre altre sono eliminabili e generano un risparmio immediato così da non intaccare il valore percepito dal cliente.

Per mappare e identificare il flusso, la tecnica più efficace e più utilizzata risulta essere il Value Stream Mapping della quale parleremo successivamente insieme a tutti gli altri strumenti della Lean Production.



**“Crea il Flusso delle attività creatrici di valore, in modo che scorrano senza interruzioni”**

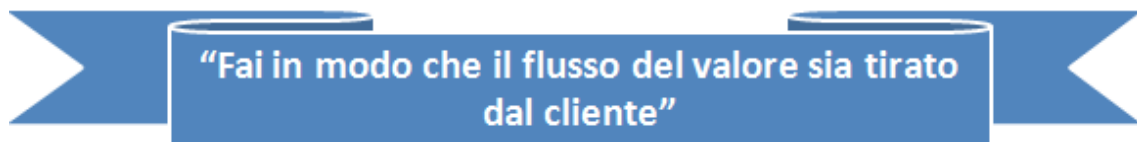
Le attività che creano valore devono essere correlate tra loro nel modo più fluido e continuo possibile. Ovvero, tutte le attività che creano valore devono svolgersi senza

interruzioni, creando un vero e proprio “flusso continuo” evitando in qualunque modo ogni fonte di discontinuità.

#### FONTI DI DISCONTINUITA':

Attese dovute alle code, ai lotti e alle scorte, le interruzioni dovute alla mancanza di informazioni e all'inefficienza dei fornitori (anche interni); le riprese e le rilavorazioni; gli attrezzaggi e gli avviamenti; l'assenza di sincronismo tra le attività; la cattiva gestione delle priorità; ecc...

La Lean Production permette di creare il flusso del valore con tecniche specifiche come lo studio del Takt Time, la riduzione dei lotti ed One Piece Flow, il Re-layout a flusso; il Bilanciamento delle fasi; il Livellamento e la programmazione sul processo Pacemaker facilitando il passaggio da un sistema a lotti e code ad un flusso continuo.



Le attività a valore, pur dovendo scorrere in maniera continua, devono essere “tirate” (PULL) dal cliente stesso, altrimenti rischiamo di generare un costo senza generare valore, ricadendo nello spreco.

Di fatto ai giorni d'oggi la domanda del mercato è sempre più imprevedibile. Il pensare snello prevede di organizzare il flusso di valore a seconda delle esigenze richieste dal cliente di volta in volta; per questo si dice quindi che è il cliente che traina (pull) il



flusso di valore. In definitiva l'impresa deve acquisire la capacità di progettare, programmare e realizzare solo quello che il cliente vuole nel momento in cui lo vuole (questo però non significa applicare "alla lettera" il concetto di Just In Time e reagire istantaneamente alle richieste del mercato senza prepararsi adeguatamente).

## sistema push



## sistema pull

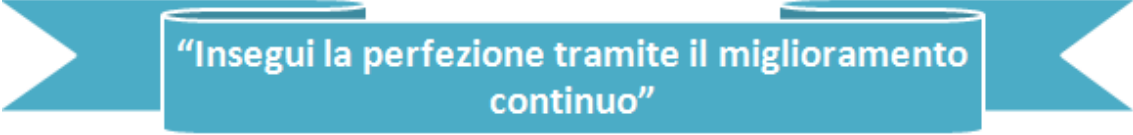
- *Le inefficienze sono nascoste*
- *Lotti alti*
- *Uso delle previsioni*
- *Sprechi*
- *Scarsa comunicazione*
- *Approssimazione*
- *Scarso visual management*

- *Uso effettivo*
- *Produrre quello che chiede il cliente*
- *Quando richiesto dal cliente*
- *Flussi di materiali vengono ottimizzati*
- *Nuove opportunità vengono evidenziate*
- *Riduzione degli sprechi*
- *Buona comunicazione*
- *Precisione*

Make all we can just in case we need it

Make what we need when we need it

Anche in questo caso, la Lean Production risponde con tecniche specifiche, ed in particolare i sistemi "pull" (Kanban e Supermarket) e la gestione controllata delle scorte di prodotto.



“Inseguì la perfezione tramite il miglioramento continuo”

KAIZEN:

- la perfezione ideale è la completa eliminazione degli sprechi, così che tutte le attività creino valore per il cliente finale;
- questa tensione è il punto di riferimento per mantenere attivo un sistematico processo di miglioramento;
- la perfezione non è un concetto statico, ma dinamico, in quanto il valore per il cliente si modifica nel tempo.

### 1.3 Gli sprechi

Muda è una parola giapponese che tradotta ha il significato di “spreco” e con questo termine viene identificato tutto ciò che assorbe risorse e non aggiunge valore.

Possono essere considerati sprechi tutti gli errori e i difetti nella produzione, che portano ad un’eliminazione di tali prodotti non accettabili, così come anche la sovrapproduzione, perché si realizza del possibile invenduto; persino un numero eccessivo di spostamenti viene visto come spreco perché rallentano solamente la produzione, ecc.

Da un punto di vista più teorico il concetto di spreco applicato ai principi della Lean dobbiamo fare riferimento ai concetti sviluppati da Taiichi Ohno, ingegnere capo Toyota e sviluppatore del Toyota Production System.

Secondo Taiichi Ohno tutte le attività in azienda si dividono in due grandi categorie:

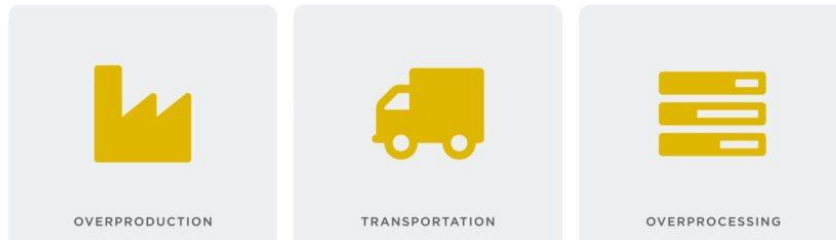
1)Attività che creano valore, tutto ciò che faccio pagare a cliente.

2)Attività che non creano valore (MUDA) che si dividono in:

- Muda tipo 1- attività che non creano valore ma comunque necessarie, vanno ridotte. (Ad esempio ispezione e test di sicurezza non aggiungono direttamente valore al prodotto finale, ma comunque sono necessarie per garantire un prodotto sicuro per i clienti)
- Muda tipo 2; attività che non creano valore e non necessarie per i clienti, vanno eliminate.



## THE 7 WASTES



### 1- SOVRAPRODUZIONE:

consumo di risorse che non servono nell' immediato, crea magazzini di cui non abbiamo bisogno, nasconde altri problemi come cattiva qualità, consegne non richieste e programmazione inefficiente.

Tra gli altri problemi occupa spazio non necessario e serve personale per gestirlo, inoltre immobilizza il capitale e allunga il Lead time.

Il peggiore di tutti gli sprechi.

### 2- STOCK (eccesso di magazzino)

Le scorte, siano esse in forma di materie prime, di materiale in lavorazione (WIP), o di prodotti finiti, rappresentano un capitale inutilizzato, occupa spazio,

impiega personale per la sua gestione, e c'è il rischio di essere danneggiati o diventare obsoleti.

Secondo l'idea Lean un'azienda deve occuparsi nella produzione non nell'immagazzinaggio, perciò il magazzino va eliminato.

### 3- PROCESSI INUTILI:

Usare risorse più costose del necessario per le attività produttive o aggiungere funzioni in più, oltre a quelle che aveva originariamente richiesto il cliente, produce solo sprechi.

Consumano solo risorse sia materiali e umane; consumano spazi e tempo, creano ritardi e difficoltà di recupero e sono causati essenzialmente dalla mancanza di standardizzazione.

### 4- MOVIMENTO INUTILE:

Qui ci si riferisce essenzialmente ai lavoratori o alle macchine; si consumano risorse umane e crea aumenti del tempo di processo (Lead time).

Sono causati principalmente da layout non efficienti e da mancanza di standard.

Questi movimenti possono portare a danneggiamenti, usure, problemi di sicurezza.

Secondo Taiichi Ohno possiamo dividere il movimento dei lavoratori in due categorie:

- SPRECO: movimento inutile e ripetitivo deve essere eliminato subito.  
Esempio. Camminare, girarsi, scegliere e cercare...

- LAVORO: che può essere anch'esso di due tipi; lavoro a valore aggiunto e senza valore aggiunto (come già detto in precedenza).



#### 5- DIFETTI:

I difetti sono tempi di lavoro e materiali impiegati per realizzare un prodotto o un servizio di scarsa qualità che successivamente andrà riparato o eliminato creando un costo.

L'obiettivo è avere ZERO difetti.

#### 6- ATTESE / CODE:

Le attese possono essere di vario genere, dal personale in attesa di attrezzatura o materiali, alle persone che stanno ferme senza fare nulla per cui non creano valore.

L'attesa è il tempo che si aggiunge al Lead time, impegna risorse, aumenta i WIP e rallenta i tempi di risposta al cliente.

## 7- TRASPORTO:

Ogni volta che un prodotto è trasferito rischia di essere danneggiato, perso, ritardato, etc., così diventa un costo che non produce valore. I trasporti non introducono alcuna trasformazione al prodotto che il cliente sia disposto a pagare.

Se miglioriamo il layout riusciamo ad eliminare il trasporto, l'utilizzo di risorse inutili, l'aumento del Lead time e investimenti finanziari non essenziali.

La regola è “vicino e in piccole quantità”.

## 1.4 Gli strumenti della Lean Production

La Lean Production non risulta essere come un approccio rigido ed univoco, ma viene inteso come un insieme organico di tecniche che vanno modulate e adattate a seconda del tipo di realtà produttiva.

Nonostante l'elevatissimo potenziale, la Lean Production (nota anche come Toyota Production System) è ancora relativamente poco diffuso presso le aziende manifatturiere italiane. Il più grande dubbio risulta essere la focalizzazione sulla riduzione delle attività che non aggiungono valore (gli sprechi) che tende a mettere in discussione la tradizionale logica di produzione “per lotti e code” in favore di una produzione quanto più possibile “a flusso”.

Le principali tecniche della Lean Production:





### 1.4.1 kanban

Parlando nello specifico del Kanban: sappiamo che Kan ( 看 ) significa “visuale”, Ban ( 板 ) significa “segnale”.

Kanban = cartellini fisici sui quali sono riportate informazioni relative a cosa e quanto e quando bisogna produrre o movimentare.

Il sistema Kanban usa dei semplici cartellini per controllare la produzione, l'idea di base è che nessuna stazione possa produrre più di quanto richiesto dalla stazione successiva così che l'accumulo della giacenza è pertanto impedito.

Usando questo metodo, il kanban si comporta come un sistema d'informazione che integra la produzione, collegando tutti i processi, l'uno con altro, armonicamente, con la domanda del cliente.

In questo tipo di sistema i processi a monte producono solo i pezzi sufficienti per rimpiazzare quelli che i processi successivi hanno richiesto. Gli operatori, in ogni processo vanno al processo precedente per prelevare le parti di cui necessitano; ciò viene fatto nel tempo e nelle quantità giuste.

Kanban è la tecnica più usata nel push vs pull ed è costituita da cartellini che gestiscono le priorità di avanzamento fra le celle. Ogni cella dispone di due cassette: una per i Kanban-prelievo e l'altra per i Kanban-produzione. Guardando le cassette l'operatore capisce quantità e tipo di prodotti da produrre o da approvvigionare (secondo la cassetta). A valle e a monte della cella si trovano i contenitori che formano le scorte. Quelli a monte hanno appeso un Kanban-prelievo. L'operatore della cella preleva il contenitore con i prodotti da lavorare, stacca il Kanban-prelievo e lo inserisce nella cassetta dei Kanban-prelievi che evidenzia la quantità e tipologia di prodotti di cui

approvvigionarsi per ripristinare la scorta di prodotti da lavorare. I contenitori delle scorte di prodotti già lavorati, invece, hanno ognuno appeso un Kanban-produzione. Quando si ritira un contenitore di questi ultimi, il Kanban-produzione viene staccato e posto nella cassetta corrispondente. Infine il Kanban-prelievo viene appeso al contenitore portato nella cella a valle.

Regole Kanban:

- 1) La stazione a valle preleva da quella a monte soltanto ciò che le occorre nell'istante di utilizzo. E' il kanban che indica la tipologia e la quantità di ciò che deve essere prelevato.

Senza Kanban è impossibile prelevare.

- 2) La stazione a monte produce solo ciò che quella a valle richiede. E' il kanban che indica la produzione che deve essere effettuata.

Senza Kanban è vietato produrre.

Un'altra caratteristica Lean che manda avanti tutto il processo è il fatto che possono procedere dalle stazioni di monte verso quelle di valle solo i lavorati esenti da difettosità. Se così non fosse le stazioni di valle, non ricevendo le quantità programmate, sarebbero costrette ad arrestarsi. Questo implica che il numero di Kanban deve essere limitato a quelli strettamente necessari.

Le code dei cartellini possono essere gestite:

- 1) Secondo una logica FIFO

2) Nel caso di tempi di setup non trascurabili si usa accorpare i kanban in modo da evitare un numero di setup eccessivo

Nel caso in cui la stazione deve produrre più codici, la priorità è data dalla posizione più o meno di urgenza del kanban sulla rastrelliera, si devono inserire progressivamente i kanban di produzione in una rastrelliera divisa in colonne e aree associate a ciascun codice da produrre nella postazione; ogni colonna a sua volta è divisa in tre aree di priorità alta, media e bassa, evidenziate ad esempio da colori rosso, giallo, verde; la regola è di produrre i codici in zona rossa o sopra un determinato numero di kanban che li richiede in rastrelliera.

Il Kanban, se ben applicato, porta ai seguenti benefici:

- 1) riduzione notevole delle scorte (fino al 90%)
- 2) risposte veloci ai cambiamenti di domanda
- 3) miglioramento dell'accuratezza della scorta
- 4) semplificazione della programmazione, riduzione dell'uso dell'MRP.

#### 1.4.2 Takt Time:

Il Takt Time è il ritmo della produzione. Si tratta del tempo necessario a produrre un singolo componente o l'intero prodotto, noto anche come ritmo delle vendite.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Total Available Production Time}}{\text{Average Customer Demand}}$$

## Caso studio

HO UNA DOMANDA GIORNALIERA DI 700PEZZI AL GIORNO;

L'AZIENDA METTE A DISPOSIZIONE 1 TURNO DA 8 ORE AL GIORNO PER REALIZZARLI

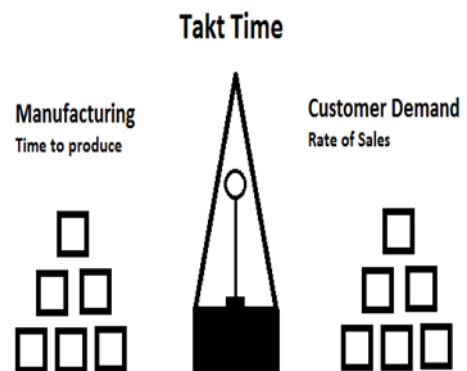
OGNI TURNO PREVEDE UNA PAUSA DA 30 MIN.

5 GG LAVORATIVI A SETTIMANA.

LE 4 FASI CARATTERISTICHE DI TRASFORMAZIONE SONO:

BURRO-MARMELLATA-PACK-SHIP.

A VALLE ED A MONTE DELL'AZIENDA SI TROVANO IL FORNITORE E LE SPEDIZIONI (GIORNALIERE).



Risultato:

$$\text{Takt Time: } \frac{480 \text{ min/gg} - 30 \text{ min/gg}}{700 \text{ pz/gg}} = 0.64 \text{ pz/min} = 38,6 \text{ pz/sec}$$

Customer Demand:  
700 pieces per Day  
(Takt Time: 38.6 seconds)



### 1.4.3 VPM:

- Visualizza il flusso in cui si collocano le singole attività
- Oltre agli sprechi, aiuta a vederne la fonte
- Mostra il link fra flusso di materiale e flusso di informazioni
- E'uno strumento qualitativo, che descrive in dettaglio cosa si fa e cosa si dovrebbe fare.

Di solito è meglio identificare una famiglia di prodotti a volte, vale la pena di mappare un prodotto specifico prima di passare ad identificare le famiglie, perché l'esercizio "apre gli occhi" al Team, insegna a pensare in termini di flusso e non di singolo reparto/ufficio.

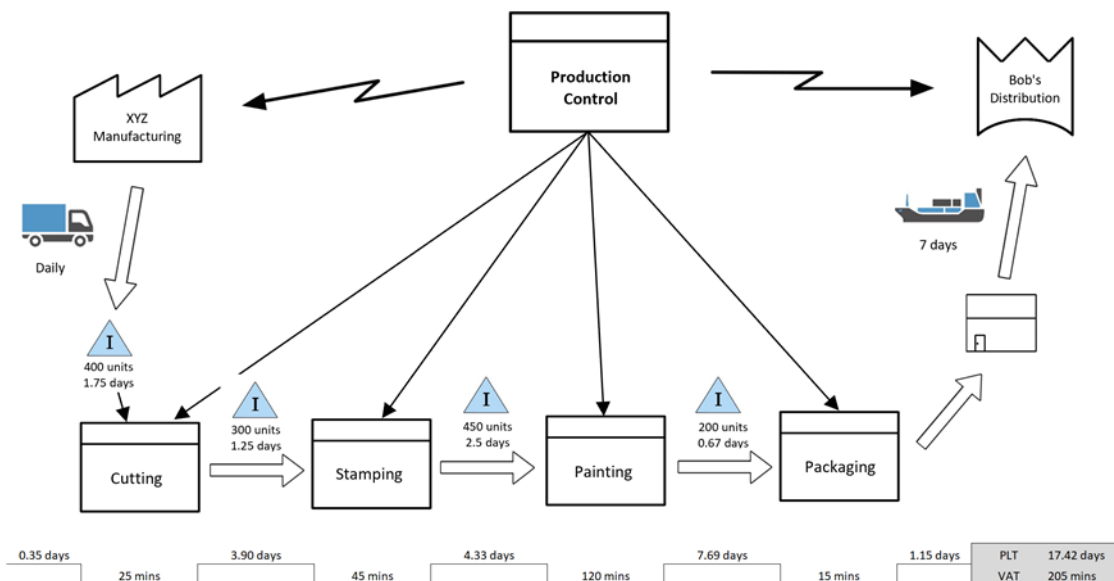
Per mappare, occorre avere presente quelli che sono le tre principali componenti del flusso che devono essere rappresentate:

- 1) Il flusso dei materiali;
- 2) Il flusso informativo;
- 3) La tempificazione, in termini di "time line" di attraversamento, del processo di trasformazione del prodotto, da materia prima a prodotto finito.

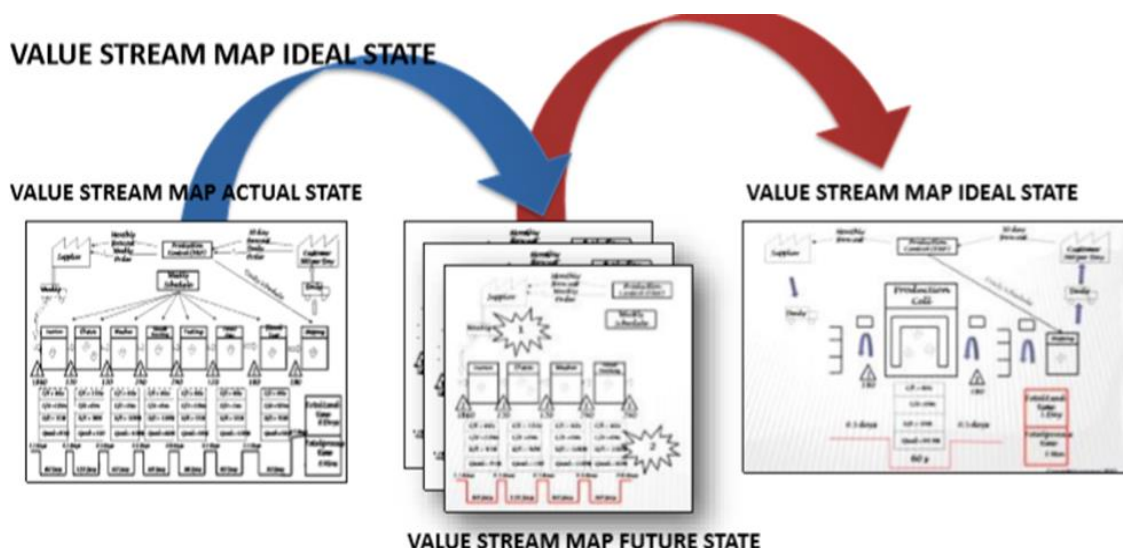
E per ognuna delle fasi, sarà necessario mettere in evidenza dei parametri produttivi fondamentali:

- Tempo di ciclo (tempo tra due uscite successive di prodotto);

- Tempo di set – up (necessario per i cambi produzione);
- Disponibilità (parametro tecnico della macchina, calcolato rapportando il tempo di effettivo funzionamento al tempo di apertura dell’impianto).
- Qualità (calcolato rapportando fra pezzi conformi e tot pezzi prodotti)



Una volta completata la mappatura (current state), andrà disegnata la “linea del tempo”, che ci dice quanto tempo “a valore” è contenuto nel lead time. Uno degli obiettivi del future state sarà diminuire i tempi non a valore, a vantaggio di quelli a valore.



#### 1.4.4 5S

Le 5S sono uno strumento attraverso il quale ottenere pulizia e ordine sul posto di lavoro e incrementare così produttività, qualità e sicurezza. La parola “5S” è l’acronimo dei cinque termini di lingua giapponese che rappresentano i principi fondamentali da applicare sul posto di lavoro e rappresentano altrettanto le 5 tappe di azione per migliorare l’efficienza del lavoro quotidiano: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.





SEIRI - scegliere e separare

Eliminare qualsiasi cosa che non serve nella postazione di lavoro. Per evidenziare tutto ciò che non serve è necessario, prima di tutto, eseguire una pulizia generale ed accurata dell'area di lavoro, per poi decidere cosa fare di ciò che sarà ritenuto inutile o inutilizzabile.

Per eliminare tutto ciò che non serve è importante operare una razionale classificazione degli oggetti (utensili, attrezzi, materiali...) presenti nell'area di lavoro e nello stesso tempo agire alla fonte delle cause che generano sporco.



SEITON - sistemare e organizzare

Ordinare i materiali in posizioni ben definite per eliminare i tempi di ricerca e cercando di mantenere il tutto in spazi ridotti e ordinati. Sistemare gli strumenti, le attrezzature ed i materiali in modo tale che “chiunque” possa vedere dove si trovano, possa facilmente prelevarli, adoperarli, e rimetterli al loro posto. L'obiettivo infatti è quello di ridurre al



minimo il numero degli oggetti da tenere, senza provocare arresti o ritardi nella produzione.

Un metodo è quello di realizzare delle sagome identificative dell'utensile sul pannello attrezzi e/o associare con un'etichetta il suo nome. Questa banale quanto efficace soluzione permette l'identificazione immediata dell'utensile in quel momento necessario riducendo i tempi; permette di rilevare immediatamente mancanze che vanno ripristinate e, inoltre, in linea generale all'operaio vengono forniti esclusivamente gli utensili necessari al lavoro che deve eseguire in modo da evitare possibili confusioni.

Esempio pratico del Seiton:





SEISO – controllare ordine e pulizia

Pulire e ordinare sistematicamente le varie aree di lavoro; di fatto l'attività di pulizia non consiste solo nell'eliminazione dello sporco da macchine ed attrezzature, ma nella verifica ed eliminazione di eventuali problemi.

Infatti mediante la risistemazione degli utensili, la pulizia del proprio posto di lavoro, l'eliminazione di tutto quello che non serve è possibile accorgersi di tutta una serie di problemi quali mancanze, parti rotte, malfunzionamenti delle macchine, ecc.



SEIKETSU - Standardizzare e migliorare

Una volta raggiunto il livello di ordine ideale della propria postazione, bisogna mantenere tale livello immutato e conservato nel tempo. Per poter aiutare tale conservazione della pulizia è possibile implementare dei controlli ispettivi periodici, è possibile “educare” gli operai a elencare e riferire tutte le mancanze e inesattezze che rilevano con il loro operato.



SHITSUKE – Sostenere nel tempo e migliorare sempre

Grazie all’analisi continua dei problemi, all’identificazione delle contromisure ed al continuo monitoraggio delle prestazioni, si realizza in pratica il concetto di miglioramento continuo. Questa è la "S" più difficile da applicare, in quanto si tratta di “educare” l’operaio. Si deve cercare di spingere l’operaio all’autocontrollo della propria postazione di lavoro. Questa forzatura all’autocontrollo rappresenta poi un incentivo per l’operaio non solo a migliorare se stesso ma anche a migliorare le condizioni di lavoro a livello più generale, garantendo anche un incremento della sicurezza.

#### 1.4.5 Standard Work

Lo “Standard Work” ovvero il “Lavoro Standard” serve a definire tutte le procedure che l’operaio deve svolgere all’interno del processo produttivo. Per poter definirle è necessario avvalersi di tre parametri:

- Il Takt Time
- La sequenza di lavoro, rappresenta l’elenco sistematico di tutte le procedure che l’operaio deve svolgere all’interno del periodo di tempo definito dal takt time.

- Le apparecchiature standard, che servono ad agevolare il lavoro dell'operaio in modo da terminarlo entro il lasso di tempo del takt time.

Lo standard work viene definito mediante la registrazione dei tempi reali che l'operaio impiega nello svolgimento delle sue mansioni e viene confrontato con il tempo Takt time che è proveniente da una valutazione più teorica. Inoltre questi tempi vengono continuamente riveduti e corretti ogni volta che si opera un'ottimizzazione del posto di lavoro mediante l'applicazione del Kaizen.

#### 1.4.6 Poka-Yoke

È uno strumento Lean utilizzato per raggiungere lo zero difetti e finalmente eliminare le ispezioni di controllo qualità.

Poka significa errore involontario, Yoke deriva dal verbo Yokeru, evitare:

"A prova di guasto";

"A prova di stupido";

E' una tecnica per evitare semplici errori umani, di fatto risulta essere un dispositivo o forma di un oggetto che, ponendo dei limiti al modo in cui una operazione può essere compiuta, forza l'utilizzatore ad una corretta esecuzione della stessa.

Dietro al Poka-Yoke vi è la convinzione che non è accettabile produrre anche un solo pezzo difettoso. Si va a trovare una soluzione talmente banale da sembrare stupida, però elimina del tutto qualsiasi possibilità di errore.

Esempio:



1) sappiamo in quale spina mettere la presa grazie al colore.

2) sappiamo in quale posizione mettere la chiavetta USB guardando la forma.

3) La forma della sim card del proprio cellulare per non inserirla da un lato sbagliato presentano uno degli angoli smussati.

Le fonti di difetti principali nelle celle sono, solitamente:

- Omessa lavorazione
- Errori di lavorazione
- Parte mancante
- Lavorazione del pezzo errato
- Strumenti e maschere approntati non adeguatamente.
- Errore nell'operazione
- Errore nella regolazione e calibratura
- Attrezzature messe a punto non correttamente
- Parte errata

I progettisti di prodotto e di processo devono ideare nelle prime fasi del progetto tali sistemi, ad esempio analizzando il prodotto ed il processo. Oggi, con la possibilità di utilizzare meccanismi automatici di segnalazione, Poka Yoke si sviluppa sempre di più tramite segnali luminosi (gestione a vista Andon) o sonori, o di blocco linea e tramite la progettazione di particolari attrezzature per la cella.

#### 1.4.6 JUST IN TIME

L'espressione "Just in time" indica un modello di gestione industriale, di origine giapponese, che prevede che venga prodotto soltanto ciò che è necessario, nella quantità necessaria e quando richiesto, allo scopo di ridurre ogni potenziale spreco risultante dalle attività di produzione, immagazzinamento e fornitura. Questo significa che la produzione è tirata dall'ordine del cliente (PULL) ed estremizzando i lotti di produzione possono essere ridotti fino ad un unico pezzo (concetto del "one piece flow").

Come visto in precedenza si presentano due ottiche diverse nel mercato:

Un'ottica "push" dove la produzione si basa sulla previsione della domanda (MRP) e ciò porta spesso alla realizzazione di una sovrapproduzione inutile e che rappresenta perciò uno spreco. E un'ottica "pull" dove il materiale viene tirato direttamente dal cliente (JIT).

Confronto tra ottica PUSH e PULL:

- Il sistema di gestione "push" e, quindi l'MRP, ragiona prendendo le informazioni dal mercato e realizza delle previsioni sulla domanda e degli ordini. Poi queste

previsioni vengono “spalmate” su tutto il processo produttivo fino a giungere ai fornitori.

Le varie attività vengono perciò pianificate secondo del loro lead time poi, iniziando dai fornitori, partirà la produzione con garanzia sulla data di consegna.

- In un’ottica “pull” quando nel mercato nasce una richiesta bisogna già essere pronti per soddisfarla, riducendo il tempo di risposta nel più breve lasso di tempo possibile.

Il processo produttivo è già organizzato in maniera tale che la richiesta si riversa solo alla fine dello stadio già a monte e non su tutto il processo. A questo punto la situazione che si ha allo stadio  $n+1$  risulta alterata e va perciò ripristinata. Per ripristinare la situazione iniziale lo stadio  $n+1$  diventa cliente di quello immediatamente più a monte. E questo processo si ripete fino all'ultimo stadio più a monte (fornitori).

Operando in questa maniera è possibile eliminare gli sprechi, i materiali in lavorazione e rendere più lineare la produzione, migliorando la qualità del prodotto e del sistema di produzione nel suo complesso dai fornitori, partirà la produzione con garanzia sulla data di consegna.

<b>TRADIZIONE</b>	<b>Just In Time</b>
La qualità costa	La qualità non costa
I progettisti e i manager sono gli esperti, e i lavoratori ubbidiscono loro	I lavoratori sono gli esperti, mentre i progettisti e i manager costituiscono il loro supporto.
Gli errori sono comunque presenti e gli scarti che ne conseguono vanno esclusi dalla fornitura del cliente	Gli errori rappresentano l'esperienza che porta al miglioramento del processo produttivo fino all'annullamento degli errori.
Le scorte aiutano e consentono che la produzione proceda senza intoppi	Le scorte costituiscono uno spreco e vanno perciò eliminate.
Lotto di tipo economico	Lotto piccolo e possibilmente tendente ad un pezzo singolo.
Code di semilavorati (Work in progress) utili per mantenere un'elevata utilizzazione dei materiali	Non devono essere presenti code di semilavorati perché la produzione deve essere sempre puntuale.
L'automazione è importante perché riduce la componente lavoro nel prodotto	L'automazione è importante perché incrementa la qualità del prodotto finito
La riduzione dei costi è dovuta ad una maggiore automazione della produzione	La riduzione dei costi è dovuta alla maggiore velocità del ciclo di produzione
I materiali vengono "spinti" dall'ingresso all'uscita dalla fabbrica	I materiali vengono "tirati" dall'uscita all'ingresso.
Componenti "intermedi" (non ultimati) sono necessari.	Tutto ciò che non aggiunge direttamente valore è da considerarsi uno spreco.
La produzione procede a grandi passi e eventuali interruzioni devono essere prevenute	La produzione procede a piccoli passi, in modo costante in modo da limitare le interruzioni.
Fornitori numerosi	Fornitore singolo
I solleciti sono accettabili	I solleciti sono un male
Bisogna adattarsi alla velocità e alla Confusione.	La pazienza è fondamentale



Ci sono tre tipi fondamentali del sistema pull:

- 1) Supermarket Pull System: E' il modello più semplice di pull in cui ogni processo ha un suo punto di prelievo, detto supermarket, che tiene una determinata quantità del prodotto che il processo produce. E ogni processo deve semplicemente ripristinare la quantità prelevata.

Ogni volta che il materiale viene ritirato dal processo a valle, deve arrivare immediatamente tale informazione (prelievo) a monte. Ciò avviene fisicamente con l'utilizzo di un cartellino (Kanban) o un altro tipo di segnale contenente le informazioni sul prodotto prelevato e che va ripristinato.

- 2) Sequential Pull System: Quando il numero di componenti da tenere a supermarket è elevato oppure se posseggono dimensioni elevate o costi elevati, è possibile realizzarli "su ordinazione".

In un sistema sequenziale, la programmazione della produzione deve determinare il corretto mix e quantità dei prodotti da produrre. Ciò può essere fatto mettendo i cartellini kanban nelle scatole heijunka, solitamente all'inizio di ogni turno. Queste istruzioni produttive poi vengono inviate alla attività più a valle del flusso di valore.

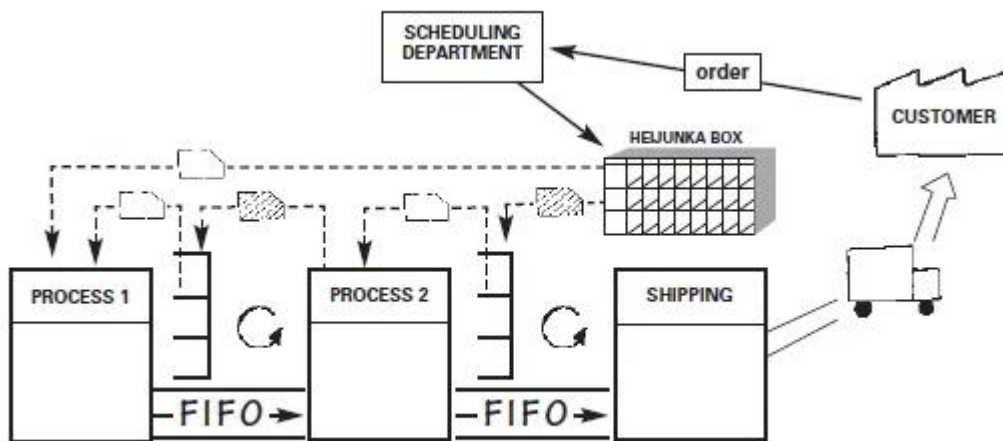
Questo viene spesso fatto con un elenco sequenziale, dove ogni processo seguente produce semplicemente in sequenza di consegna i pezzi che gli arrivano dal processo a monte. FIFO (First In First Out – "Il primo che entra è il primo che esce") deve essere mantenuto in tutto il flusso.

Per far funzionare questo sistema in maniera efficiente, il percorso degli ordini dei clienti deve essere ben compreso. Se gli ordini sono difficili da prevedere, o i

tempi produttivi sono molto brevi (meno rispetto al Lead time dell'ordine)  
oppure ci deve essere un adeguato stock del prodotto finito. Tutto questo  
richiede una forte leadership per mantenerlo, e il miglioramento può essere una  
grande sfida per chi opera nel processo.

3) Mixed Pull System: Rappresenta la combinazione dei due sistemi precedenti.

Questa soluzione prevede il simultaneo utilizzo del supermarket e di una  
gestione “su ordinazione” per una parte dei componenti.



Mixed Supermarket and Sequential Pull System.

## **Capitolo 2: Il TPM come un'applicazione della Lean Production**

*“Tutte le ispezioni condotte allo scopo di individuare difetti sono uno spreco e una perdita di tempo. Le ispezioni vanno fatte per prevenire i difetti.”*

*TAIICHI OHNO*

## 2.1 La Manutenzione:

Definizione Treccani: “Insieme di operazioni che vanno effettuate per tenere sempre nella dovuta efficienza funzionale, in rispondenza agli scopi per cui sono stati costruiti, un edificio, una strada, una nave, una macchina, un impianto, ecc.”

### 2.1.1 La manutenzione nel tempo

La ricerca di una maggiore efficienza tecnico-economica delle aziende e lo sviluppo dei processi tecnologici hanno portato alla costruzione di apparecchiature e macchine sempre più complesse e delicate, creando inevitabilmente dei problemi correlati a questi.

Uno dei più sentiti problemi in questo periodo storico è forse l'esigenza di mantenere inalterate l'efficienza degli impianti e delle macchine che li compongono, cioè della “manutenzione”, ovvero quella funzione aziendale preposta al ruolo di assicurare la continuità di buon funzionamento delle strutture produttive.

La manutenzione moderna, concepita come servizio aziendale, si basa su alcune proprietà che la contraddistinguono rispetto ai modi di esecuzione caratteristici del passato periodo storico industriale:

1. Il lavoro di manutenzione, in passato prevalentemente legato al singolo evento, si trasforma in lavoro programmabile.
2. La funzione manutenzione, spesso slegata e spesso considerata semplicemente complementare alle attività produttive, si trasforma in un'unità responsabile caratterizzata da razionalità e competenza nonché da un forte senso di integrazione nelle attività dell'impresa.

3. La manutenzione è oggi chiamata a programmare, coordinare e controllare le sue attività in modo che il lavoro svolto da tutta l'impresa sia tecnicamente più completo e economicamente più vantaggioso.
4. La formazione del personale assume un ruolo importante nel creare una mentalità adatta ad accettare le nuove procedure organizzative e a renderle operativamente efficaci.
5. La moderna manutenzione è anche chiamata a migliorare e conservare i dispositivi che garantiscono la sicurezza e la salute del lavoratore; si rende pertanto necessaria un'opera di responsabilizzazione rivolta ad incrementare l'efficienza del servizio e la contemporanea tutela del personale.

Dal passato al presente noteremo che la manutenzione è passata da compiti semplicemente correttivi a compiti prevalenti di prevenzione dei guasti e dei malfunzionamenti, di adeguamento a livelli prestazionali crescenti, di contributo al miglioramento delle prestazioni complessive dei sistemi produttivi.

In generale gli obiettivi e gli incarichi che un moderno servizio di manutenzione aziendale è chiamato a raggiungere e a svolgere possono essere così definiti:

- minimizzare le fermate per guasti assicurando la continuità produttiva degli impianti;
- gestire le risorse aziendali allo scopo di minimizzare i costi derivanti dalla possibile rottura e/o dalla riparazione delle risorse tecniche destinate alla produzione;
- operare con continuità allo scopo di mantenere strutture e macchine in grado di funzionare nelle condizioni stabilite e limitare il decadimento delle prestazioni delle stesse;

- contribuire ad aumentare l'efficienza del sistema produttivo;
- formare ed educare gli addetti di produzione ad alcuni aspetti di correttezza e sicurezza nell'utilizzo dei macchinari e responsabilizzarli nei confronti della gestione iniziale delle anomalie e dei guasti agli impianti.

Le attività necessarie per raggiungere tali obiettivi sono di natura esecutiva, tecnica, organizzativa, gestionale e consultiva.

#### 2.1.2 L' affidabilità di una macchina;

Il funzionamento di una macchina, basato sulla continua interazione tra i sottosistemi che la compongono, non è continuo nel tempo a causa delle inevitabili anomalie che insorgono nel corso della sua vita utile e che possono essere determinate da svariati fattori umani e ambientali. In questo contesto di possibile interruzione della sua funzionalità si inseriscono i concetti di affidabilità e disponibilità.

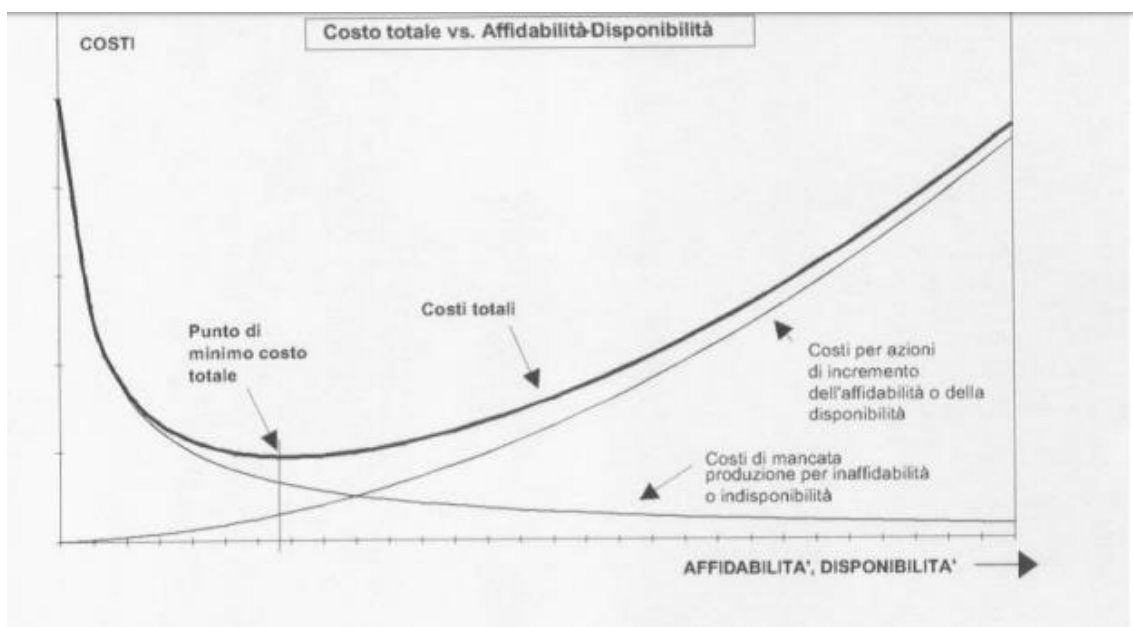
L'affidabilità può essere definita come la probabilità che un elemento (macchina, sottosistema o componente) funzioni senza guastarsi per un determinato tempo "t" dal suo avviamento e in predeterminate condizioni ambientali.

La disponibilità può invece essere definita come la percentuale di tempo di buon funzionamento rispetto al tempo totale in cui è richiesto il funzionamento stesso dell'elemento.

Affidabilità e disponibilità rappresentano due grandezze attraverso le quali è possibile misurare la continuità con cui un impianto può garantire il raggiungimento della missione per la quale è stato ideato e costruito.

In ambito economico, l'implementazione a livello industriale di azioni per il miglioramento delle affidabilità delle risorse produttive comporta inevitabilmente dei costi che devono essere equilibrati in funzione dello scopo finale.

Se in ambito sicurezza l'affidabilità assume un ruolo della massima importanza, a livello produttivo il suo posto viene spesso preso dalla disponibilità attraverso la quale il gestore d'impianto riesce a monitorare la reale efficienza operativa delle macchine nel corso della loro vita utile.



Poiché, come già affermato, le macchine si guastano, l'affidabilità e la disponibilità vengono garantite, dove possibile, attraverso adeguate politiche manutentive che, se da un lato contribuiscono a un funzionamento globale regolare e continuativo, dall'altro rappresentano un onere economico spesso non indifferente.

### 2.1.3 Il Guasto

Un guasto è un fenomeno che consiste nella cessazione dell'attitudine di un'entità a eseguire la funzione richiesta.

La manutenzione delle macchine ha fundamentalmente due scopi principali:

- riparare i guasti,
- impedire la loro insorgenza.

L'obiettivo da perseguire è quindi ridurre l'indisponibilità accidentale o sistematica che si manifesta quando gli impianti sono soggetti, durante la produzione, a usura, fatica, corrosione e in generale quando le macchine invecchiano e si degradano. Diventa quindi determinante l'efficienza e la buona organizzazione di un servizio manutentivo nel contesto produttivo, in particolare laddove la linea sia satura (elevati volumi), oppure sia richiesto un elevato livello qualitativo di prodotto e di processo, oppure quando sussistano entrambe le esigenze. Per raggiungere tale obiettivo è necessaria una dettagliata documentazione storico informativa che permetta un'adeguata analisi dei dati riguardanti disponibilità degli impianti, costi ed efficienza del personale preposto a mantenere e migliorare la performance delle macchine.

Uno degli approcci più interessanti al problema del degrado degli impianti e alla loro conseguente assistenza sembra essere la teoria che si basa sulla curva di mortalità a "vasca di bagno".

Si può definire guasto istantaneo quell'evento che non è prevedibile a priori ma che si manifesta improvvisamente, spesso interrompendo in modo totale il funzionamento della macchina; l'anomalia si verifica di norma quando la sollecitazione, comunque intesa, supera la resistenza del componente su cui è applicata. Quando la macchina o l'apparecchiatura o l'impianto viene installato e nel primo periodo della vita utile, è possibile che il tasso di guasto istantaneo sia elevato. Questo fatto è causato principalmente dalle caratteristiche dei componenti che, nuovi, necessitano di un

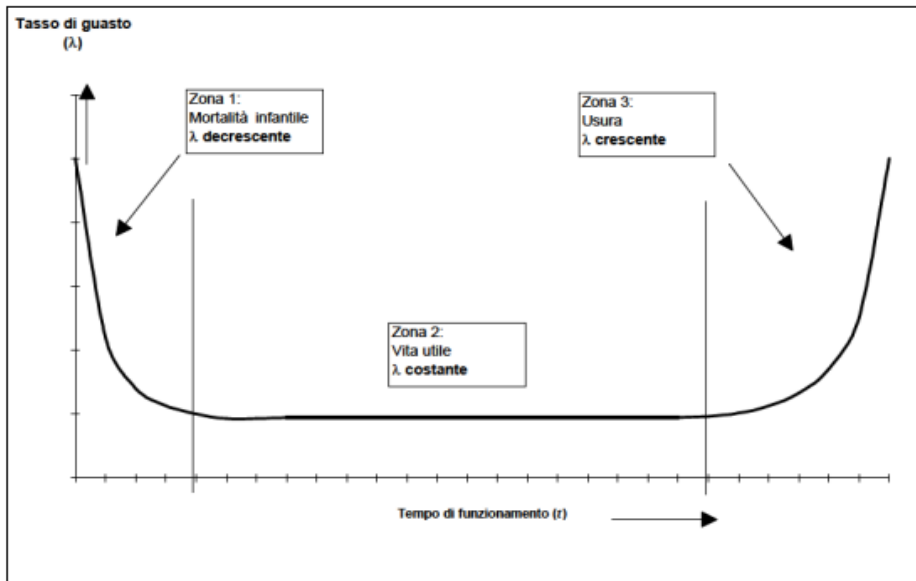


“rodaggio” che dà problemi di montaggio e regolazione iniziale. Ci si trova quindi in una prima zona della curva che presenta un tasso di guasto istantaneo decrescente con una velocità proporzionale alla capacità della macchina di “assestarsi” e degli operatori di imparare a usarla correttamente.

Raggiunta una fase di funzionamento stabile, questa si protrae generalmente per un lungo periodo, nel quale compaiono dei guasti dovuti principalmente al degrado per normale utilizzo dei componenti (guasti fisiologici). Questo è il periodo della vita utile, in cui il tasso di guasto è costante e la macchina funziona alla capacità nominale per la quale è stata progettata e costruita.

Quando infine i componenti invecchiano, viene meno la capacità di svolgere le funzioni richieste e si manifestano dei cedimenti. Ci si trova a questo punto nella zona di “usura”, caratterizzata da un tasso di guasto crescente nel tempo con una pendenza che è funzione sia dello stato della macchina che ne viene fatto.

La manutenzione deve lavorare affinché il tasso di guasto istantaneo rimanga il più costante possibile nel ciclo di vita dell'impianto, cioè che quest'ultimo si collochi operativamente nella zona di mortalità standard (vita utile) e affinché tale tasso sia il più basso possibile.



I guasti possono essere classificati in più modi.

Una classificazione può infatti basarsi sulla causa dell'errore stesso, pertanto è possibile avere:

- Guasti dovuti al design
- Guasti legati alla produzione
- Guasti connessi all'uso (uso improprio)
- Guasti legati all'invecchiamento o all'usura

O ancora, possono essere classificati in base alla velocità con cui si verificano, quindi avrai:

- I guasti graduali (o progressivi) sono guasti prevedibili e pertanto potrebbero essere evitati. Si verificano in seguito a un cambiamento progressivo delle caratteristiche dell'entità.
- Insuccessi improvvisi, imprevedibili e non progressivi.

Secondo l'entità, i difetti possono essere distinti in:

- Difetti parziali, ovvero guasti che non provocano quindi la perdita totale della funzionalità richiesta.
- Guasti totali, o guasti che causano un cambiamento nelle prestazioni tale da impedirne il completo funzionamento.
- Difetti intermittenti, sono errori dovuti a una successione casuale di periodi di funzionamento e periodi di inattività, senza interventi di manutenzione intermedi.

Secondo l'impatto derivante dalla colpa:

- I guasti secondari non riducono la funzionalità dell'intero sistema a cui appartiene l'entità.
- Errori primari, riducono la funzionalità dell'intero sistema di cui fanno parte.
- Le avarie critiche rappresentano un rischio per la sicurezza delle persone.

Una volta classificati e analizzati i diversi tipi di guasto, a seconda della frequenza e della gravità del guasto si andrà a scegliere la politica di manutenzione più idonea come possiamo vedere dal grafico sottostante.



#### 2.1.4 Le politiche della manutenzione

Per raggiungere gli obiettivi dell'aumento della disponibilità degli impianti/macchine, della riduzione dei downtime e di contenimento dei costi di manutenzione, è fondamentale definire gli approcci di manutenzione più appropriati a seconda della tipologia di impianto/macchina, sia dal punto di vista tecnico che organizzativo. Si andrà a decidere le varie politiche manutentive da adottare caso per caso per perseguirne gli obiettivi strategici.

Si tratta di definire:

- se e quando operare con interventi di riparazione solo a seguito di un guasto;
- se e quando è invece più opportuno prevenire i guasti effettuando interventi preventivi di manutenzione;
- se e quando è opportuno acquistare strumenti dedicati al monitoraggio delle condizioni degli impianti, per intervenire quando si manifesti una variazione di un determinato parametro rispetto alle normali condizioni di funzionamento, senza attendere che l'evento degeneri nel guasto e nel conseguente fermo dell'impianto;
- per quali entità e attività di manutenzione è opportuno impegnarsi nella ricerca di soluzioni di miglioramento della situazione esistente.

Definire le politiche di manutenzione significa quindi decidere in anticipo le modalità di effettuazione delle attività di manutenzione che dovranno essere svolte sull'impianto. In tal modo, esse non saranno frutto di una semplice casualità, ma conseguenze di scelte razionali e coscienti derivanti dalla conoscenza approfondita degli impianti, dall'analisi dei guasti (tipologie di guasto, distribuzione del tasso di guasto) e da valutazioni di carattere economico relative al costo del ciclo di vita delle macchine e impianti che costituiscono il patrimonio aziendale.

Le diverse politiche di manutenzione comunemente adottate a livello industriale e applicate alle diverse tipologie di componenti, consentono di costruire un programma di

manutenzione ottimale per ciascun impianto soggetto a manutenzione. Le politiche comunemente adottate possono essere classificate in quattro grandi categorie:



#### 1. Manutenzione Correttiva (a Guasto),

Una politica di manutenzione a guasto prevede che la macchina venga mantenuta in esercizio fintanto che il manifestarsi del guasto o il progredire del degrado imponga al gestore dell'impianto il suo arresto.

Il necessario intervento di manutenzione ha quindi l'obiettivo di riparare la macchina e ripristinare le condizioni iniziali di funzionamento nel minor tempo possibile.

#### 2. Manutenzione Preventiva Programmata (o a Calendario),

La manutenzione preventiva programmata (detta anche a cicli prefissati, o a calendario), è caratterizzata da interventi effettuati periodicamente, con cadenza fissa. L'obiettivo principale è quello di evitare per quanto possibile l'insorgenza del guasto e preservare in buone condizioni gli impianti durante la loro vita operativa.

### 3. Manutenzione Preventiva su Condizione (o Predittiva),

Per Manutenzione secondo Condizione si intende una manutenzione preventiva subordinata ad un certo avvenimento predeterminato; questo tipo di manutenzione si è sviluppato in seguito alla constatazione che lo smontaggio sostituzione e rimontaggio di alcune attrezzature possono talvolta provocare guasti indotti e un danno economico maggiore (in termini di risorse umane, materiali tecnici, ecc.) rispetto al permettere che la macchina funzioni fino a rottura.

L'obiettivo principale della manutenzione secondo condizione è quindi quello di evitare interventi inutili (tipici della manutenzione sistematica) ma anche quello di evitare interventi di urgenza (tipici della manutenzione correttiva)

### 4. Manutenzione Migliorativa

La manutenzione migliorativa, chiamata anche proattiva, è senza dubbio l'attività di manutenzione più redditizia.

Con questa politica si ha un'evoluzione verso la proattività ed il miglioramento continuo. Lo scopo della manutenzione migliorativa è infatti l'eliminazione delle cause che originano il guasto, attraverso la riprogettazione del componente (in toto o in parte) o la rimodulazione del suo impiego.

	<b>VANTAGGI</b>	<b>SVANTAGGI</b>
<b>A GUASTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bassi costi</li> <li>• non richiede pianificazioni complesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nessun preavviso di guasto</li> <li>• problemi di sicurezza</li> <li>• non è possibile una programmazione ottimale delle squadre di manutenzione</li> <li>• magazzino ricambi sovradimensionato</li> </ul>
<b>PREVENTIVA PROGRAMMATA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione dei guasti</li> <li>• miglior utilizzo delle squadre di manutenzione</li> <li>• magazzino ricambi snello</li> <li>• riduzione dei costi connessi alle perdite di funzionalità</li> <li>• riduzione dei tempi di fermo impianto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• programmazione di manutenzioni potenzialmente non necessarie</li> <li>• applicabilità a problematiche legate solamente all'invecchiamento degli impianti</li> <li>• può indurre guasti legati alla mortalità infantile del nuovo componente installato</li> </ul>
<b>PREVENTIVA SU CONDIZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione delle fermate per guasto</li> <li>• aumento della disponibilità dell'impianto</li> <li>• riduzione dei guasti indotti da un guasto precedente</li> <li>• migliore gestione del magazzino ricambi</li> <li>• efficace pianificazione degli interventi delle squadre di manutenzione</li> <li>• sfruttamento ottimale dei componenti</li> <li>• maggiore sicurezza</li> <li>• assenza di smontaggi inutili, o riparazione e/o sostituzione di componenti che non ne necessitano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• necessità di attrezzature specialistiche costose</li> <li>• esigenza di training del personale</li> <li>• possibili problemi di falso allarme</li> <li>• sviluppo di algoritmi di diagnosi complessi;</li> <li>• necessità di un periodo di tempo per valutare le condizioni delle macchine ed individuare le relative soglie di allarme.</li> </ul>
<b>MIGLIO RATIVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eliminazione delle cause di guasto</li> <li>• integrazione tra manutenzione e progettazione</li> <li>• incremento della manutenibilità dei sistemi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costi elevati</li> <li>• necessità di supporto ingegneristico</li> <li>• non sempre attuabile</li> </ul>

Operare nella manutenzione di fatto non significa solo "riparare" ma anche studiare le cause tecniche e umane che portano ai guasti per prevenirli e tutte le azioni intese ad organizzare le risorse per massimizzare l'efficacia e l'efficienza del servizio nell'ottica dell'ottimizzazione economica globale del sistema produttivo.

Da questa nuova idea nasce il concetto di Total Production Maintenance, che estende il ruolo della manutenzione a servizio aziendale, in modo che da funzione complementare e distaccata dalla produzione diventi parte integrante dell'attività produttiva attraverso

una razionale organizzazione del lavoro e l'integrazione con le altre funzioni aziendali.

Il TPM diventa quindi la scelta vincente nella gestione della manutenzione delle strutture e degli impianti.

## 2.2 Introduzione alla TPM

Il TPM (Total Production Maintenance) è di fatto uno degli strumenti principali all'interno del Toyota Production System e modello di Lean Production che punta soprattutto alla riduzione di tutte le possibili “perdite di produzione”:

- perdite per fermate (guasti, cambi produzione, riattrezzaggi, ecc.)
- perdite per velocità (rallentamenti, microfermate, ecc.)
- perdite per qualità (scarti, ecc.)

Un primo accenno di TPM ha origine nella produzione degli Stati Uniti. Nei primi anni '50 molti manager e ingegneri giapponesi arrivarono negli Stati Uniti per studiare gli impianti e i sistemi di produzione che avevano fornito con successo lo sforzo bellico americano. Durante queste visite, hanno notato che le compagnie americane stavano iniziando a sperimentare la manutenzione preventiva come alternativa al guasto o alla manutenzione. Il “padre” riconosciuto del TPM Seiichi Nakajima, al tempo direttore tecnico della Toyota, iniziò ad interessarsi a queste nuove tecniche di manutenzione preventiva iniziando a lavorarci e arricchendola di osservazioni e collegamenti.

La sua implementazione diventa necessaria ed essenziale nelle aziende capital intensive ed in particolare in quelle aziende che producono su più turni produttivi con impianti



che devono garantire la massima efficienza produttiva. A tale scopo il TPM coinvolge la totalità degli operatori, dei manutentori e dei supervisori, nonché il management stesso.

Il TPM ha infatti come intento principale quello di superare le tradizionali divisioni fra manutenzione e produzione, per ottenere un sistema integrato dove gli operatori di produzioni sono direttamente responsabili del mantenimento delle corrette condizioni di funzionamento degli impianti presso cui si trovano a svolgere il proprio lavoro, attraverso alcune semplici attività di manutenzione autonoma.

Questa attribuzione di responsabilità deriva dal fatto che sono gli operatori a conoscere meglio di chiunque altro lo stato di salute delle macchine, avendo a che fare con quest'ultime per gran parte della propria giornata lavorativa. La manutenzione non si esaurisce più, quindi, nel singolo intervento operativo e occasionale, bensì l'obiettivo è portare al minimo le emergenze e gli interventi manutentivi non programmati.

Il TPM tenta di seppellire i principi di Adam Smith sulla divisione del lavoro. Il vecchio "adagio" comincia a diventare rapidamente obsoleto, per essere rimpiazzato dal "motto":

*“Siamo TUTTI responsabili delle nostre macchine e del VALORE che esse contribuiscono a generare”*

## 2.3 Regole della TPM:

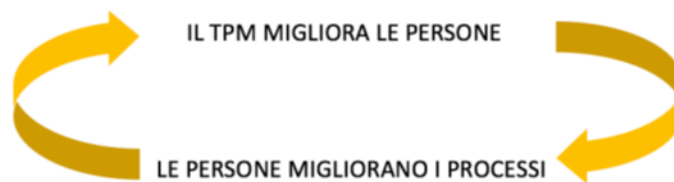
1) Esistono all'interno dell'azienda diversi problemi come la sicurezza del lavoro di manutenzione, le responsabilità aggiuntive del lavoro per gli operatori, le classifiche di lavoro e il supporto sindacale che devono essere risolti e comunicati dal top management a tutti prima che l'implementazione possa iniziare.

- 2) Il successo di un'implementazione di TPM dipende dal fatto che TPM diventi una parte quotidiana delle attività di tutti.
- 3) Per implementare il TPM, è necessario sviluppare una partnership tra produzione, manutenzione e ingegneria che favorisca un'atmosfera di proprietà delle apparecchiature. Tutti devono collaborare affinché la squadra abbia successo.
- 4) La chiave per un efficace componente di manutenzione preventiva all'interno dell'iniziativa TPM è l'operatore della macchina. Fino al 75% dei guasti può essere rilevato e impedito da operatori ben addestrati.
- 5) L'addestramento sulla sicurezza (blocco / etichettatura, ingresso nello spazio confinato, ecc.) Deve verificarsi per chiunque sia coinvolto nell'operazione, ispezione, pulizia o manutenzione dell'apparecchiatura prima che possa iniziare l'implementazione del TPM.
- 6) Tutti gli articoli di controllo TPM sul foglio di controllo dell'operatore devono essere accessibili per l'operatore. Agli operatori non dovrebbe essere richiesto di abbassarsi sulle mani o sulle ginocchia o usare le scale per leggere i calibri o fare controlli.
- 7) Gli studi di analisi dei guasti dei componenti indicano che dal 60 al 75% di tutti i guasti meccanici delle apparecchiature sono il risultato di un guasto alla lubrificazione (contaminato, di tipo sbagliato, inadeguato o eccessivo).
- 8) Tutti i calibri dovrebbero avere una banda colorata che indica il normale intervallo operativo. I dispositivi filtro / lubrificatore / regolatore della linea dell'aria devono essere contrassegnati anche con bande colorate "drain", "refill" e "range operativo".
- 9) I costruttori di apparecchiature che non supportano gli sforzi del TPM sulle proprie apparecchiature già acquistate non dovrebbero essere considerati per futuri acquisti di attrezzature.

## 2.4 Obiettivi della TPM

Il Total Production Maintenance scaturisce da una politica aziendale tesa a:

1. sostenere la prevenzione,
2. potenziare il monitoraggio impiantistico,
3. proporre il miglioramento continuo della qualità del prodotto coinvolgendo tutti gli operatori.



L'obiettivo principale del TPM è quello di ridurre al minimo le fermate degli impianti aumentandone la disponibilità ed allo stesso tempo le prestazioni; fra gli scopi vi è inoltre l'eliminazione di ogni tipo di perdita (uno dei motti di questo approccio è infatti "zero perdite, zero difetti, zero incidenti, zero guasti"), l'aumento della vita operativa delle macchine e l'aumento dell'efficienza del sistema produttivo.

In pratica, questo nuovo approccio combina il metodo americano della manutenzione preventiva con quello giapponese del controllo totale di qualità ed il coinvolgimento degli operatori a qualsiasi livello aziendale. Il risultato che ne scaturisce è un sistema innovativo per la manutenzione delle macchine che elimina i guasti e le microfermate, promuove gruppi autonomi di manutenzione attraverso attività di ispezione giornaliera e migliora la qualità e l'efficienza del sistema produttivo.

Questo sistema ha portato a notevoli risultati, tra cui una riduzione dei guasti e delle rotture sulle macchine, una forte diminuzione dei tempi di setup, di aggiustamento e

delle microfermate, una riduzione delle giacenze di parti di ricambio, il miglioramento del posto di lavoro, l'aumento delle conoscenze e della professionalità degli operatori di linea e dei manutentori, nonché una riduzione dei difetti di qualità sui prodotti finiti, degli incidenti sul posto di lavoro ed un forte aumento della produttività e dell'efficienza dei reparti produttivi.

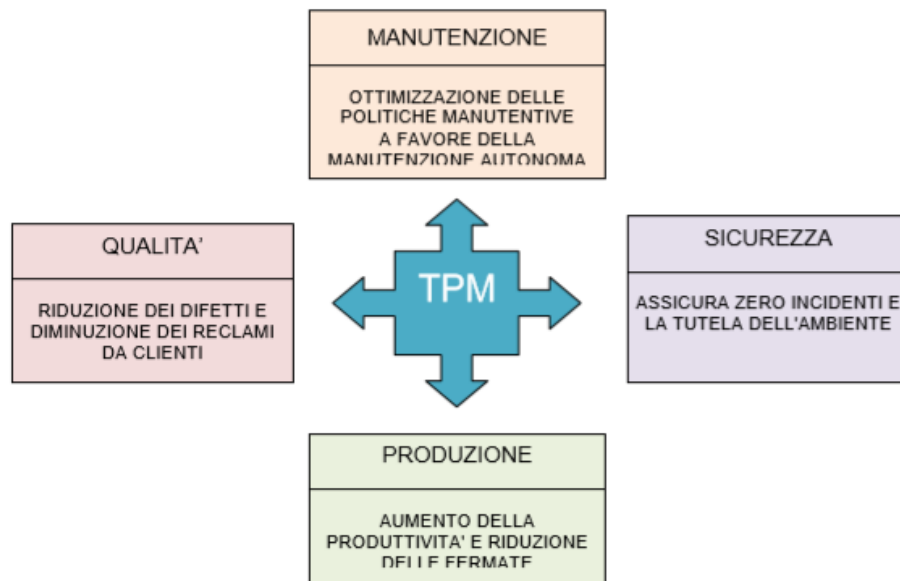
Gli obiettivi della TPM ricoprono ampi spazi d'interesse, dall'organizzazione dei macchinari e arricchimento del personale alla sicurezza e alla salute di questi:

- Sul piano organizzativo l'obiettivo è il trasferimento all'interno del processo produttivo di tutte le responsabilità e quindi anche quelle relative alle prestazioni dei mezzi di lavoro e alla loro manutenzione. In particolare il TPM stimola il processo di appropriazione della gestione della macchina da parte del conduttore o macchinista.
- Sul piano tecnologico l'obiettivo è il miglioramento della capacità della macchina di lavorare in qualità. Si agisce quindi sul miglioramento contestuale della disponibilità e della qualità e conseguente riduzione degli scarti, si punta cioè sull'ingegnerizzazione della manutenzione.

Risulta di fatto necessario fare in modo che l'impianto, una volta che è stato programmato per una certa produzione, non sia interessato da fermate, sia per guasti, sia per difetti o qualsiasi altro motivo. E' intuitivo infatti capire come le fermate abbiano conseguenze pesantissime sui costi.

Il TPM ha quindi per finalità l'incremento della produzione attraverso la massimizzazione dell'efficienza dei macchinari perseguita attraverso la

partecipazione e la motivazione di tutti i dipendenti, ottenendo in tal modo un miglioramento della soddisfazione e del morale dei dipendenti.



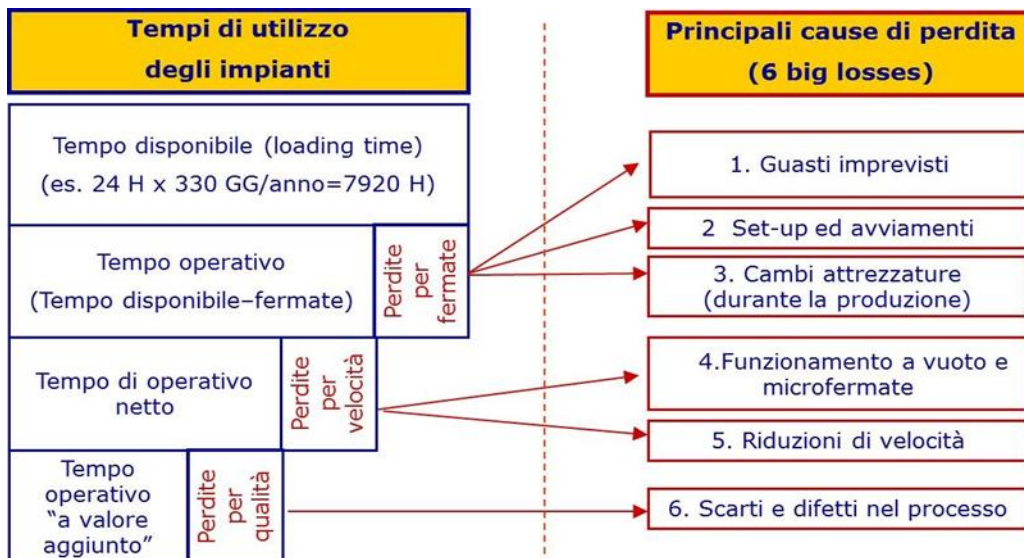
## 2.5 L'OEE

In generale nella Total Production Maintenance ci si preoccupa di migliorare l'OEE (Overall Equipment Effectiveness) un programma mirato ad eliminare guasti delle apparecchiature, rallentamenti di impostazione e regolazione, rallentamenti a vuoto e di breve durata, riduzione della capacità, perdite relative alla qualità e perdite all'avvio / riavvio.

L OEE viene definito dal rapporto tra:

- il tempo durante il quale l'impianto ha prodotto "pezzi buoni" considerando il "tempo ciclo" ottimale di puro valore aggiunto (tempo operativo a valore aggiunto);

- il tempo durante il quale l'impianto è stato impegnato, in un modo o nell'altro, per la produzione (tempo disponibile).



In sostanza l'OEE è un indicatore globale in quanto è il prodotto di 3 fattori:

$$\text{OEE} = \text{disponibilità} \times \text{efficienza} \times \text{rendimento qualitativo}$$

Al contrario di molti altri indici non prende in considerazione la sola efficienza degli impianti produttivi, intesa come rapporto tra ciò che viene prodotto e ciò che sarebbe possibile realizzare, ma ne va a misurare l'efficacia, ampliando l'analisi e tenendo conto anche della qualità del prodotto e della disponibilità della macchina stessa.

Si può subito notare come per avere un elevato valore di OEE sia necessario che tutti e tre gli indici siano alti, a significare che solo un impianto in cui tutte le risorse siano sfruttate in maniera ottimale può raggiungere elevate prestazioni in termini di Overall Equipment Effectiveness. Particolarmente significativo è far notare come un incremento dell' 1% dell'OEE produca una riduzione del 10% dei costi diretti di

manutenzione. Da osservare inoltre che l'OEE è un indice di efficacia dell'impianto, quindi va a considerare esclusivamente le perdite interne ad esso. In particolare nel calcolo dell'OEE si tiene conto di quelle che si definiscono le "Six Big Losses".

Le sei big losses nate in Toyota con il modello TPM, sono:

Perdite per fermate:

1. perdite per guasti
2. perdite per set-up e cambi produzione
3. perdite per cambi e regolazioni nel processo

Perdite di velocità:

4. perdite per funzionamento a vuoto e microfermate
5. perdite per riduzione di velocità (velocità inferiore allo standard)

Perdite per qualità:

6. perdite per difetti e scarti nel processo.

## 2.6 Applicazione della TPM

Affinché l'implementazione del Total Productive Maintenance produca i risultati desiderati, occorre sviluppare un programma che generalmente si articola in 4 fasi:

1. studio di fattibilità;
2. pianificazione;
3. implementazione effettiva;
4. consolidamento

### 2.6.1 Studio di fattibilità (durata 1 mese)

In questa fase si analizza la situazione iniziale di un determinato reparto o stabilimento produttivo per evidenziare le potenziali migliorie che un'azienda può trarre dall'applicazione di un progetto TPM.

Attraverso visite e riunioni vengono reperite informazioni circa:

- presenza e completezza di dati circa i fermi macchina;
- ruoli e responsabilità della struttura organizzativa;
- procedure e abitudini operative/manutentive;
- presenza e completezza di dati sulla produttività globale e delle singole macchine;
- livello di conoscenza dei macchinari del personale;

Una volta reperite queste informazioni si stimano i costi e i benefici in termini di ROI (Return on Investment) e si formulano ipotesi alternative di progetto.

### 2.6.2 Pianificazione (durata 6-12 mesi)

Questa fase serve per creare i presupposti e la struttura per realizzare quelle che saranno le attività vere e proprie di TPM, e in particolare si tratta di:

- definire un Master Plan delle attività;
- formalizzare il lancio della TPM con annunci a tutto il personale;



- creare l'organizzazione che implementerà il progetto;
- definire politiche, obiettivi e responsabilità;
- Assegnare le responsabilità delegando e rendendo autonomo il personale dall'inizio (Chi? - Cosa? - Come? - Quando? – Perché?)

E' opportuno dare visibilità al progetto fin da subito, coinvolgendo tutto il personale e rendendolo autonomo. Per la buona riuscita del progetto è importante far capire al personale che non è un'imposizione dall'alto, e che saranno loro i protagonisti di queste attività. Durante questa fase è opportuno strutturare i sistemi di raccolta dati così da monitorare, in seguito, le performance durante le fasi successive.

### 2.6.3 Implementazione (durata minima 36 mesi)

Questa è la macrofase dove il progetto prende forma e, se applicato correttamente, si concretizza in risultati. Dato che è la fase più consistente, in genere si suddivide in 3 sottofasi, alle quali sono associati i relativi obiettivi:

Nella prima fase si implementano i pilastri della manutenzione autonoma, del miglioramento focalizzato e della manutenzione progressiva. Gli altri pilastri vengono sviluppati solo contestualmente e quindi nella misura in cui sono funzionali ai primi. La teoria della TPM sostiene che il miglioramento e i primi pilastri devono essere applicati su un progetto pilota per concentrare gli sforzi. In questo stadio l'obiettivo è quello di eliminare il 75% delle fermate, andando ad agire su quelle cause di degrado forzato e mancanza di formazione che provocano guasti evitabili con strumenti semplici. In questo stadio il principale pilastro è quello della manutenzione autonoma, mentre bisogna fare attenzione ad implementare il pilastro della manutenzione progressiva in quanto mancano informazioni su cause e

parametri dei macchinari. Inoltre i dati disponibili possono essere inficiati da tutte quelle pratiche scorrette usate abitualmente dal personale produttivo. Il personale tecnico dovrà concentrarsi sul miglioramento focalizzato, soprattutto per semplificare le operazioni di pulizia e ispezione, creare standard e istruzioni per la conduzione conforme delle macchine e per eliminare macroscopici errori progettuali.

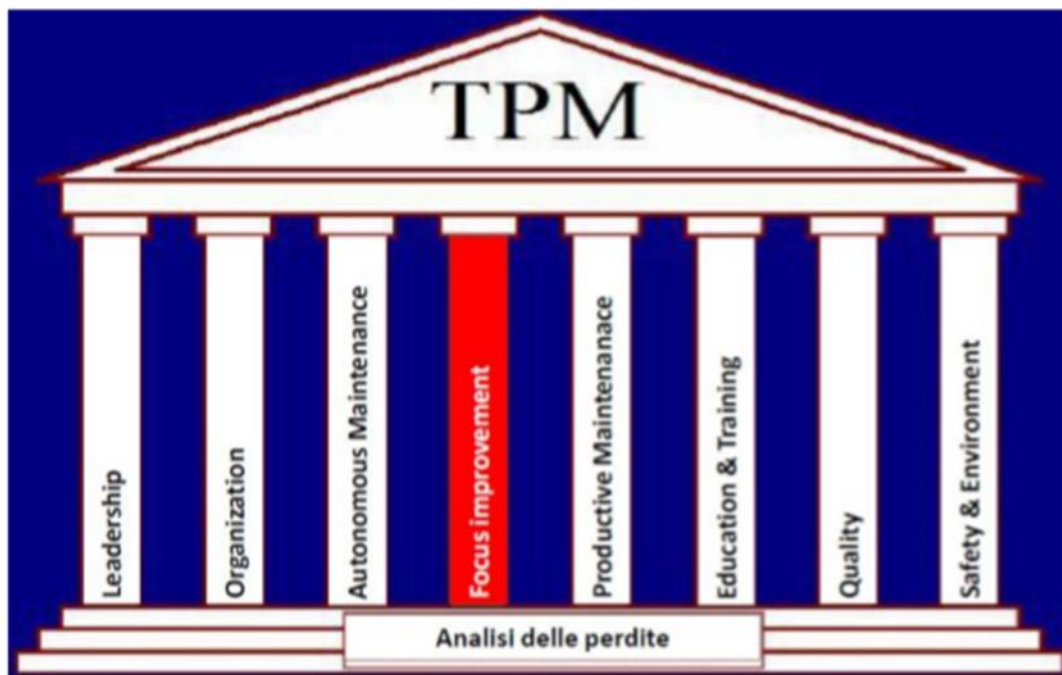
- Implementazione di tutti i pilastri (durata 12 mesi). Nella seconda fase si attivano tutti i pilastri, coinvolgendo tutti i reparti dell'azienda per eliminare il 90-95% delle fermate. Il progetto pilota dovrebbe riguardare una macchina critica per il processo ma comunque non in stato pessimo. Questo perchè se la macchina fosse già in uno stato di degrado avanzato e non recuperabile, gli sforzi e l'investimento dell'azienda sarebbero maggiori del costo di sostituzione della macchina stessa. Occorre identificare le carenze tecniche da colmare con corsi e sessioni di training che possono essere forniti sia dall'esterno sia da personale esperto dell'azienda. I progressi sulla sicurezza e sul rispetto ambientale devono essere garantiti per ottimizzare il più possibile l'ordine e i flussi di materiale all'interno dell'area di lavoro, per ridurre il rischio e gli sprechi energetici. Infine è il ruolo del management che, tramite il deployment degli obiettivi, l'attività di sostegno e il sistema premiante, deve mantenere vivo l'interesse per il progetto.

- Nella terza ed ultima fase devono essere raggiunti tutti gli obiettivi del progetto, cioè: zero fermate, zero difetti, addestramento completo del personale. Naturalmente sono obiettivi ideali, infatti la metodologia prevede che in questa fase si debba effettuare un rinnovo degli obiettivi e un nuovo studio di fattibilità per evidenziare i futuri margini di miglioramento.

## 2.6.4 Consolidamento

L'ultima fase del progetto TPM viene attivata una volta che i risultati dell'implementazione sono stati consolidati. Nell'ultima fase si devono quantificare i risultati in termini di costi-benefici e devono essere standardizzate e diffuse le procedure e le tecniche a tutte le macchine del reparto o dello stabilimento. La TPM rimane comunque una tecnica di Lean Production e, in perfetto accordo con questa filosofia non si ferma ai risultati ottenuti, ma fissa nuovi obiettivi sempre più importanti.

## 2.7 Gli 8 pilastri del TPM



## 2.7.1 I Pilastro - Leadership:

L'implementazione della TPM richiede il coinvolgimento dei vertici aziendali. Il Management non deve soltanto mostrare un serio interesse nei confronti della sua introduzione ma essere capace di fornire gli stimoli e le motivazioni necessari a tutto il resto del personale. Se il leader non insiste ogni giorno per conseguire il miglioramento ed il rispetto degli standard fissati, se le politiche non vengono mantenute, gli operatori non credono all'impegno dell'azienda e non cambiano atteggiamento.

Al giorno d'oggi non ci si riferisce più al solo vertice aziendale, ma ad una combinazione di intelligenza, miglioramento ed innovazione individuali cui partecipano tutti i dipendenti dell'azienda all'interno di un sistema di obiettivi ambiziosi.

## 2.7.2 II Pilastro - Organizzazione

A livello organizzativo la TPM richiede la creazione di team che ne supportino l'implementazione. Il primo passo è quello di designare un TPM coordinator con il compito di educare i dipendenti ed iniziarli ai principi del TPM.

Successivamente vengono creati team autonomi: supervisori di reparto, personale di manutenzione, operatori e manager che devono essere inclusi nel team.

Devono avere tutti quanti un obiettivo comune, una mission chiara, dove la consapevolezza dei tempi e dei costi devono essere chiari e non presunti e soprattutto condivisi. Ovvero, un team dove ogni persona si sente direttamente coinvolta nel processo ed è incentivata a fare del suo meglio per contribuire al successo della squadra.

Il TPM coordinator guida il team finché i membri non familiarizzano con il processo e non emerge spontaneamente un team leader.

Il team di fatto si occupa di definire i problemi, la lista delle azioni correttive e infine applicare quest'ultime.

Fondamentale è la creazione dell'information factory e l'applicazione dei concetti di TPM al sistema informativo aziendale, in modo da ottimizzare i flussi e rendere la TPM trasversale e capillare; la raccolta e la processazione di dati al fine di ottenere le informazioni necessarie per lo sviluppo dei successivi pilastri del TPM.

### 2.7.3 III Pilastro - Manutenzione Autonoma

Per manutenzione autonoma si intende la cura giornaliera dell'impianto da parte dei tecnici di produzione per prevenire il deterioramento forzato delle attrezzature ed avere macchine la cui durata dipenda solo dal deterioramento naturale.

Può essere definita come il complesso delle attività di manutenzione e conduzione svolte dal personale di produzione; nota anche con il termine automanutenzione, è uno degli aspetti principali e di vera innovazione portati dal TPM.

Concetto chiave dell'automanutenzione è di far "crescere" gli operatori macchina, ed incrementare il loro know-how portandoli a svolgere attività base, come prendersi cura personalmente delle macchine, partendo dalla pulizia della postazione di lavoro, per arrivare all'esecuzione di ispezioni di alcuni componenti, riparazioni di semplice esecuzione, lubrificazione delle parti in movimento, sostituzioni di componenti e monitoraggio dello stato di salute. In tal modo, gli operatori imparano a "conoscere"

bene le macchine, e sono presto in grado di individuare segnali anche deboli di "logorio" ed "usura", fin dagli stadi iniziali.

La parola d'ordine per gli operatori deve essere quindi "Prendersi cura personalmente dei propri impianti", diventando protagonisti sul lavoro.

Nuovo profilo dell'operatore	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Conduttore- manutentore</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• È in grado di "prendersi cura" della macchina a lui affidata, svolgendo, oltre alla normale attività di conduzione, anche piccoli interventi di manutenzione</li></ul>
Nuovo ruolo del manutentore	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Manutentore d'area polivalente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Allarga le proprie conoscenze e competenze ed è in grado di valutare gli effetti che l'attività manutentiva ha sul processo produttivo</li></ul>

Spesso gli stessi operatori non sono sufficientemente motivati a scoprire, prevenire, riportare gli inconvenienti di macchine e impianti. Non si sentono abbastanza preparati dal punto di vista tecnico e tendono a subire piuttosto che a dominare i fenomeni quotidiani che si verificano nei reparti di produzione. Per far fronte a queste problematiche occorre formare operatori di produzione esperti di impianti, capaci, se insorgono problemi relativi agli impianti nel proprio reparto, di fronteggiare l'emergenza e ripristinare il più velocemente possibile la produzione. Affinché ciò sia possibile occorre la volontà della leadership di:

- formare operatori che siano esperti di impianti e macchinari, capaci di scoprire le anomalie, risolverle e ripristinare le normali condizioni di funzionamento;

- far comprendere l'importanza delle pulizie come mezzo di ispezione e di prevenzione delle anomalie dei macchinari;
- dare indicazioni per realizzare migliorare impianti e attrezzature;
- gestire il problema della lubrificazione in fabbrica;
- stimolare l'attività di gruppi di miglioramento e la loro formazione.

Occorrerà riconsiderare il rapporto tra i temi di crescita professionale, sia in termini di capacità di ispezione e diagnostica che di capacità tecniche, e gli attuali criteri di organizzazione del lavoro operaio, che sanciscono attualmente una netta divisione e parcellizzazione dei compiti tra gli operatori di produzione ed manutentori, inquadrandone in maniera rigida le mansioni e le fasce retributive.

<b>OPERATORE PRIMA</b>	<b>OPERATORE TPM</b>
Rifiuta le innovazioni	Considera l'innovazione come un'opportunità di crescita professionale
Non fa autocritica	Si mette in discussione e rispetta le idee degli altri
Non si pone domande	Pone domande e pretende delle risposte
Si sente una comparsa	Vuole essere protagonista

Esecutore di un compito	Polivalente e polifunzionale
Non dialoga con gli altri	Partecipa e collabora

Conseguentemente, gli obiettivi che ci si prefigge con l'implementazione di un programma di manutenzione autonoma sono quelli di:

- prevenire il deterioramento forzato delle macchine e rallentare quello naturale attraverso controlli e piccoli interventi di manutenzione giornalieri;
- riportare le macchine al loro stato ideale mediante la sostituzione dei componenti deteriorati;
- stabilire le condizioni necessarie a mantenere le macchine in buon stato.

Le attività della manutenzione autonoma si focalizzano in particolare sulla prevenzione del deterioramento, cercando di eliminare tutte le cause che ne accelerano il processo e il sopraggiungere del guasto.

7 Fasi della manutenzione autonoma:

I primi tre si prefiggono di eliminare le cause di deterioramento forzato, sostituire parti usurate, stabilire e mantenere le condizioni di base delle macchine; nei passi quattro e cinque i team leaders istruiscono gli operatori circa le procedure di ispezione con cui si dovranno ridurre i guasti ed aiutano il personale di produzione a comprendere i meccanismi di funzionamento delle macchine e del processo. Infine, i passi sei e sette



sono ideati per diffondere e sviluppare i concetti riguardanti le attività della manutenzione autonoma attraverso la standardizzazione dei sistemi e dei metodi.

#### Fase 1: Ispezione e pulizia iniziale

La pulizia è il punto di partenza della buona manutenzione. Consente di effettuare un'ispezione che può portare a scoprire ed eliminare anomalie altrimenti nascoste.

Risolvendo gli inconvenienti emersi possono essere attuate modifiche o contromisure per evitare le cause che gli hanno prodotti: in questo modo si innesca il circolo virtuoso del miglioramento continuo. La realizzazione di questa fase, consente di riportare la macchina esattamente allo stato originario (situazione ideale): è infatti importante che avvenga il ripristino dell'impianto alle normali condizioni di funzionamento. Questa fase, apparentemente semplice ed ovvia, costituisce un primo passo verso la conoscenza della macchina e delle sue corrette condizioni di funzionamento. Il primo step verso l'implementazione della Manutenzione Autonoma può essere sintetizzato nei seguenti punti:

-la pulizia è ispezione

- l'ispezione è scoperta degli inconvenienti;

- gli inconvenienti sono il punto di partenza e lo stimolo per il ripristino dei macchinari o per il loro miglioramento.

Una pulizia che non fa scoprire le anomalie e gli inconvenienti dell'impianto è semplicemente pulizia e non può chiamarsi pulizia che diventa ispezione. Le macchine, inoltre, a causa della polvere e della sporcizia, sono soggette ad un lento degrado che provoca difetti e guasti sulle stesse. Esistono due tipi di degrado:

<b>Degrado naturale</b>	L'impianto, anche se utilizzato correttamente, risente dell'usura tra componente e componente, nei punti di contatto; col tempo di fatto si assiste ad un tipo di degrado inevitabile che viene chiamato degrado naturale.
<b>Degrado forzato</b>	Questo è il degrado che avviene per comportamenti non corretti: non vengono puliti i posti da pulire, non vengono lubrificate le zone che necessitano di attività periodiche di lubrificazione, oppure non si interviene nonostante ci siano dei sovraccarichi o rumori ripetuti.

Uno strumento utile alla pulizia iniziale è rappresentato dai cartellini delle anomalie: per ottenere risultati significativi dall'attività di ispezione si usa attaccare un cartellino nel punto in cui l'ispezione ha rilevato un problema, in modo da evidenziare la presenza di un'anomalia.

Fase 2: Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi inaccessibili

In questa fase vengono messe in atto tutte le misure per eliminare o diminuire le fonti di contaminazione e ridurre il tempo necessario per ripristinare la pulizia. In questo modo si incentiva l'interesse e la volontà di migliorare gli impianti, attraverso:

- la localizzazione e l'eliminazione delle cause che danno origine a sporco;
- la ricerca e l'eliminazione di perdite di liquidi o polveri;
- la riduzione al minimo dello spazio dove si genera lo sporco;
- la realizzazione di miglioramenti per facilitare la pulizia e le ispezioni.

Le protezioni consentono di prevenire la dispersione di trucioli, polveri, ecc., in zone della macchina dove lo sporco è presente maggiormente; queste però se estese a grandi aree possono produrre al contrario i seguenti problemi:

- il degrado forzato viene tralasciato e questo provoca l'insorgenza di guasti;
- pulizia, lubrificazione ed ispezioni sono disagiati e, perciò, non è possibile effettuare una manutenzione corretta e si attende il guasto;
- le operazioni di attrezzaggio sono disagiati e comportano tempi lunghi.

### Fase 3: Creazione di standard di pulizia e controllo

La realizzazione di standard consente di avere la garanzia che tutti eseguono lo stesso lavoro nello stesso modo e con gli stessi risultati. I membri del gruppo definiscono in piena autonomia cosa controllare e in che modo farlo; stabiliscono gli standard (quando, come, dove, chi, perché, con quali strumenti) per le operazioni di serraggio di bulloni, pulizia e lubrificazione degli impianti. Vengono inoltre migliorate le procedure, ad esempio perfezionando le tecniche di pulizia o introducendo il controllo visivo per la lubrificazione. La novità portata dalla logica della TPM sta infatti proprio nel fatto che gli standard operativi, che sono poi le regole a cui attenersi, non sono imposte dall'alto, ma ragionate, decise ed accettate dai diretti interessati.

### Fase 4: Condurre Ispezioni Generali dei macchinari

Mediante l'ispezione generale si attua un processo organizzativo e culturale che porta ad apprendere il funzionamento delle parti della macchina attraverso l'addestramento da parte di ingegneri e tecnici della manutenzione. Si arriva ad acquisire la capacità di governare i fattori che incidono sulla qualità del prodotto, oltre che ispezionare in

autonomia e sicurezza le parti dell'impianto da controllare, sistemando anche eventuali inconvenienti. In particolare gli addetti alla produzione acquisiscono le competenze necessarie per rilevare le anomalie. Per facilitare il compito vengono sviluppate tutta una serie di segnali ed indicazioni da apporre sulle parti dell'impianto (esempio verso di rotazione, posizione aperto-chiuso, livello del liquido, ecc.), noti come strumenti di gestione a vista.

Con lo sviluppo delle ispezioni autonome sui macchinari vengono revisionate le checklist; si prosegue quindi con degli standard efficienti per mettere in atto concretamente le attività di mantenimento nei tempi fissati come obiettivo.

#### Fase 5: Sviluppo delle Ispezioni Generali dei Macchinari

Si identifica una ulteriore fase di crescita in cui alle attività di prova e verifica degli standard di pulizia ed ispezione svolte dagli operatori si aggiungono quelle preparate dagli specialisti, attraverso un calendario di attività cicliche di manutenzione annuale (controlli, sostituzioni, revisioni, ecc.); vengono corretti gli standard di pulizia, ispezione e lubrificazione elaborati.

Inoltre si vanno a decidere le modalità con cui mettere insieme la manutenzione specialistica e quella autonoma per realizzare un sistema manutentivo più efficiente.

- Obiettivo per l'impianto, mantenere i miglioramenti indenni da deterioramento attraverso l'ispezione generale. Miglioramento continuo degli impianti che hanno una buona semplicità di funzionamento
- Obiettivo per l'operatore, mantenere autonomamente i propri impianti. Decidere autonomamente ed osservare strettamente le norme di pulizia e lubrificazione. Imparare quali sono le condizioni ideali dell'impianto.

## Fase 6: Sistematicizzazione della Manutenzione Autonoma

Questo step riguarda la gestione del mantenimento di una situazione di pulizia stabile, attraverso il riordino del posto di lavoro. In generale ci occupiamo di individuare gli aspetti da gestire, standardizzare gli aspetti da gestire e della sistematizzazione della gestione della manutenzione.

Nello specifico questa fase si occupa di logistica del posto di lavoro, della corretta disposizione degli attrezzi, dei materiali di consumo, dell'eliminazione delle cose inutili e di altre iniziative di tipo logistico mirate a semplificare e migliorare il lavoro dell'operatore. Inoltre occorre indirizzare le attività di manutenzione autonoma svolte dagli operatori di produzione verso la ricerca diretta dei miglioramenti che rendano gli standard più facili da applicare. Si raggiunge quindi una standardizzazione, ossia attraverso l'ordine e la sistemazione dei diversi oggetti che si trovano nei reparti produttivi, si passa all'ordine ed alla sistemazione delle regole che vanno osservate. Si tratta quindi di una sistematicizzazione delle ispezioni e della precisione degli impianti nonché dei compiti a cui devono adempiere gli operatori.

## Fase 7: Completa realizzazione della manutenzione autonoma

Costituisce la verifica della piena autonomia nella gestione degli strumenti della manutenzione autonoma. Con questa fase si prende atto sia dell'autonomia degli operatori di produzione nel governare gli impianti affidati, sia dell'integrazione con la manutenzione specialistica. Gli operatori, alla fine del processo diventano indipendenti, sicuri ed esperti e sono in grado di monitorare il loro lavoro e di apportare i necessari miglioramenti autonomamente. In quest'ultima fase, quindi, viene riconosciuta la piena autonomia degli operatori di produzione.

Come ogni processo di miglioramento continuo, anche la manutenzione autonoma richiede una costante attenzione del sistema affinché non si verifichino derive che allontanino i risultati da quelli attesi.

## 2.7.4 IV Pilastro – Focused Improvement

Il IV pilastro del TPM centra la sua attenzione sull'analisi delle perdite e sulla corretta individuazione delle cause. I responsabili della manutenzione autonoma dovranno far ricorso al miglioramento focalizzato ogni qualvolta avranno a che fare con perdite croniche, le cui cause siano difficilmente identificabili.

Il miglioramento focalizzato (Focused Improvement, FI) rappresenta il pilastro cardine per l'effettiva implementazione della TPM in quanto consente di semplificare il processo e l'impianto (fino a livello di parte di macchina) favorendone la comprensione dei problemi da parte delle persone. Di fatto i concetti fondamentali su cui si basa questa tipologia di approccio alla manutenzione sono i seguenti:

- Semplificazione dei processi (eliminare gli sprechi energetici);
- Semplificazione delle macchine (ridurre il lavoro giornaliero di ispezione e lubrificazione);
- Semplificazione dell'impianto (ridurre i costi di fermata e le ore necessarie per effettuare le riparazioni);
- Individuazione delle criticità più elevate e soluzione di un problema alla volta (logica dei piccoli passi consolidati).
- Miglioramento continuo.

Spesso le persone coinvolte si chiedono quale possa essere la differenza tra le attività quotidiane di manutenzione autonoma e quelle del miglioramento focalizzato; la differenza principale che distingue il FI dalla AM è costituita proprio dalla formazione del team di esperti preposti allo studio ed all'eliminazione dei problemi: il team dovrebbe essere composto da tutti i rappresentanti delle funzioni coinvolte nel programma di miglioramento (ingegneri di produzione, di manutenzione, di progettazione, amministrativi). Lo scopo fondamentale del FI è quello di proporre soluzioni valide per l'eliminazione o la riduzione delle 6 principali fonti di perdita presenti ("six big losses"); Il metodo adottato è quello di indagare direttamente gli input (4 M's: men, machines, materials, methods) della produzione per individuare le possibili cause di problemi e/o difetti.

Uno dei problemi che potrebbero insorgere durante la fase di implementazione del FI è quello di un eccessivo impegno nelle sole attività di miglioramento focalizzato, a scapito delle attività di manutenzione ordinaria e del supporto necessario ai piccoli gruppi di lavoro presenti in azienda.

La procedura ottimale per affrontare i problemi può essere riassunta in pochi punti fondamentali:

1. Scelta dell'obiettivo;
2. Formazione di un team apposito;
3. Registrazione dell'obiettivo;
4. Applicazione di tecniche e metodologie specifiche per la soluzione del problema;
5. Valutazione critica dei risultati

Questa metodologia prevede di correggere in modo esaustivo tutte le deficienze individuate, indipendentemente dalla loro apparente importanza.

### **Step necessari per l'Introduzione del Miglioramento Focalizzato**

L'applicazione del FI diviene semplice e particolarmente efficace se impostata seguendo uno schema di fasi successive, per ciascuna delle quali dovrebbe essere prodotta la relativa documentazione circa lo stato iniziale, il metodo utilizzato ed i risultati ottenuti.

Fase 1 - Scelta dell'obiettivo e formazione del team di lavoro.

In genere i maggiori vantaggi si ottengono se, in base all'analisi delle perdite preventivamente effettuata, gli oggetti dell'indagine e dell'attività di miglioramento sono i processi o le macchine più critiche. È fondamentale stimare il livello di difficoltà dell'obiettivo da perseguire per poter stabilire quali siano le necessità in termini di competenze e di professionalità. In tal modo sarà possibile formare team particolarmente efficienti. In genere, questa scelta viene effettuata utilizzando appositi schemi pensati per supportare il processo decisionale.

Fase 2 - della situazione iniziale

Occorre individuare lo stato in cui verte il processo produttivo per individuare debolezze del processo o degli strumenti di lavoro (uno strumento risulta essere la PCA, Process Capacity Analysis). In seguito devono essere definiti i target a cui si vuole tendere; devono essere ambiziosi ma al tempo stesso non irraggiungibili perché la possibilità di fallimento non incoraggerebbe il team.

Fase 3 – Identificazione ed eliminazione delle anomalie



I difetti minori rappresentano la fetta più ampia di problemi riscontrabili e possono minare la corretta realizzazione degli step successivi per questo vanno identificate ed eliminate già dalle prime fasi.

In questo step è opportuno creare immagini o schemi che rappresentino le condizioni ideali del processo o dell'attrezzatura; questo aiuterà ad identificare una direzione per l'analisi di miglioramento.

#### Fase 4 – Analisi delle cause

Questa fase si occupa di analizzare tutte le cause possibili dei vari problemi. In questo step potrebbe essere utile l'uso di videocamere ad alta velocità per analizzare i movimenti degli impianti attraverso un lento e chiaro studio di tutta la cinematica della macchina. Per analizzare le cause occorre fare uso di tecniche strutturate che consentano uno studio sistematico dell'intero apparato; questo è quello che principalmente differenzia un approccio di analisi al problema tradizionale da quello dettato dai principi TPM.

Un tempo si cercava di risolvere il problema attraverso la bravura e l'esperienza del manutentore o del tecnologo di linea e non si tendeva a intraprendere uno studio che comprendesse tutti i possibili aspetti della problematica. La TPM prevede più tecniche per affrontare uno studio sistematico di individuazione, analisi e risoluzione del guasto. PM Analysis, Know-why (o why-why) analysis, Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) tutti strumenti della TPM nella quale è necessario tenere sempre presente la locazione del problema, l'oggetto dell'analisi e il fenomeno associato.

- **PM Analysis:** Si tratta di una tecnica deduttiva per analizzare fenomeni come guasti o difetti di un processo in termini dei principi fisici che li sottendono, evidenziando i meccanismi e le loro relazioni con i quattro parametri di input (4M's). E' particolarmente adatta per affrontare le perdite croniche, e particolarmente efficace se utilizzata per affrontare problemi che nascono da una grande varietà di cause complesse e strettamente interrelate, che non sono risolvibili con altri metodi o che richiederebbero troppo tempo se affrontate in modo tradizionale. Tale tecnica viene implementata dopo che si sono affrontati i problemi con altre tecniche e si sono ridotte le occorrenze dei difetti al 5-10%.
- **Know-why (o why-why) analysis:** metodo utilizzato a seguito di un'analisi causa-effetto per ricercare ed individuare i "perché" degli eventi, in maniera tale da individuare le possibili alternative risolutorie ai problemi emersi risalendo a ritroso lungo la catena causale.
- **Fault Tree Analysis (FTA) o Analisi dell'Albero dei Guasti:** metodo di analisi di tipo deduttivo che partendo da un'analisi "generale" e complessiva del tipo di guasto (o evento indesiderato sul sistema), arriva ad individuare i guasti sui componenti. La FTA permette, in modo grafico e logico, di collegare fra loro i guasti dei componenti di un sistema. Lo scopo principale, non è però quello di individuare le cause dei guasti (scopo tipico invece della FMECA) bensì, partendo da un guasto sul sistema (Evento indesiderato), di metterlo in relazione funzionale con i guasti sui componenti (Eventi base). L'Evento indesiderato rappresenta il guasto relativo al sistema funzionale sotto esame, e può essere combinazione di numerose cause: esso avrà, cioè, un numero  $n$  di eventi che lo precedono e lo determinano ma nessun evento che lo succede. Il presentarsi

simultaneo di guasti degli elementi funzionali che portano all'evento indesiderato definiscono la combinazione di cause. L'FTA è un metodo dalle applicazioni più varie: può essere usato sia preventivamente (approccio consigliato), oltre che per identificare le cause di non conformità già rilevate.

- Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA): L'acronimo FMECA identifica l'Analisi delle modalità, degli effetti e delle criticità dei guasti, ovvero una metodologia introdotta dalle normative militari USA-MIL, come strumento che consente di ricavare con efficacia i componenti critici dei sistemi. La FMECA è una metodologia operativa svolta in gruppi di lavoro e viene impiegata con successo nella progettazione di nuovi impianti e macchine, in quanto fornisce come prodotto il manuale di uso e manutenzione e la relativa lista dei ricambi strategici. Una volta infatti individuati i "componenti critici" e analizzate le loro "modalità di guasto", le politiche di manutenzione possono essere oggettivamente determinate. Il Gruppo di lavoro che realizza la FMECA deve essere composto da personale con diversi livelli di professionalità e con specializzazioni differenti a seconda della tipologia dell'impianto in oggetto, scelti fra coloro che presentano una conoscenza dell'impianto più approfondita. Obiettivo principale della FMECA è quello di fornire uno strumento analitico (oggettivo) per indirizzare in modo ottimale le risorse manutentive disponibili previste dal Piano di Manutenzione Produttiva tra manutenzione correttiva a guasto, preventiva programmata, preventiva su condizione e migliorativa.

#### Fase 5 - Pianificazione del miglioramento

Generare più studi di fattibilità per più alternative e verificare a priori tutti i possibili problemi che potrebbero derivare dall'attuazione della soluzione proposta. Dopodiché

valutare la necessità di reingegnerizzare il processo o di cambiare macchine e/o materiali.

#### Fase - 6 Implementazione del Miglioramento Focalizzato

E' fondamentale che ognuno capisca e accetti i miglioramenti introdotti. Occorre attuare il piano di miglioramento in modo scrupoloso individuando possibili ulteriori modifiche al processo ed operare in modo da coinvolgere il personale di produzione. Se dovessero esserci più moduli uguali, è opportuno che il piano di miglioramento venga effettuato dapprima su un solo modulo e, solo successivamente averne riscontrato i benefici, sugli altri.

#### Fase 7 - Controllo dei risultati

Monitorare costantemente i risultati raggiunti sulla base degli obiettivi che ci si era prefissati inizialmente. E' una fase che potrebbe richiedere molto tempo perché i risultati non sono immediati da raccogliere; molte volte, non potendo constatare benefici nell'immediato, si tende ad essere scoraggiati.

Per evitare ciò devono essere disposti i dati di performance della linea sulle lavagne delle attività in modo che ognuno possa capire il lavoro svolto e i risultati attesi.

#### Step 8 - Consolidamento dei risultati

Fare un'analisi critica dei risultati raggiunti e di quelli ancora da raggiungere per capire come deve essere regolato il processo e consolidare gli obiettivi a cui si è pervenuti con l'implementazione delle precedenti fasi. Inoltre è necessario consolidare gli obiettivi a cui si è giunti standardizzando tutte le procedure introdotte in formati e istruzioni

ufficiali aziendali in modo da evitare che personale di linea possa ricadere nelle vecchie abitudini o dimenticare le migliorie introdotte.

## 2.7.5 V Pilastro – Manutenzione Progressiva

Si parla di manutenzione progressiva quando si riesce a realizzare un'integrazione delle politiche di gestione per ottimizzare l'efficienza e l'efficacia delle attività manutentive. Lo scopo è quello di definire un mix ottimale di manutenzione correttiva, programmata e predittiva, in maniera tale da ridurre il numero di guasti, i costi di gestione della manutenzione, l'MTBF e l'MTTR. La realizzazione di questa forma evoluta di manutenzione richiede il miglioramento delle macchine, con l'applicazione della manutenzione autonoma e delle procedure di miglioramento focalizzato e con la gestione opportuna della manutenzione programmata e di quella su condizione; richiede un miglioramento delle tecnologie e delle competenze, prevedendo, ad esempio, sistemi di diagnostica e sistemi informativi di manutenzione, nuovi sistemi di ispezione e corsi di formazione del personale. La manutenzione programmata ha poi il compito di stabilire e mantenere in condizioni ottimali attrezzature e processo. All'interno di un programma di sviluppo TPM, la manutenzione programmata rappresenta la metodica attività di costruzione e miglioramento continuo di un efficace ed efficiente sistema di gestione della manutenzione. Uno dei fattori di successo della manutenzione programmata è il coordinamento con le attività della manutenzione autonoma svolte dai reparti produttivi. È importante che siano stabiliti standard che chiariscano i flussi, i compiti ed i tempi di realizzazione. Affinché la manutenzione programmata sia applicata con successo è indispensabile prima di tutto riportare le macchine alle condizioni di base. È evidente che, se le condizioni di base non sono rispettate, si assiste

al fenomeno dell'usura forzata e non è possibile definire intervalli corretti di sostituzione, per cui l'intero sistema di manutenzione programmata risulterebbe inutile.

L'implementazione del pilastro della manutenzione progressiva si articola attraverso 6 fasi che andremo a riassumere successivamente:

Step 1 Valutare le macchine e capire la situazione attuale;

– Preparare le schede macchina. – Valutare le macchine: stabilire i criteri di valutazione, dare una priorità alle macchine. – Definire un rank per guasti. – Capire la situazione: severità dei guasti, frequenze, costi, ecc. – Creare un insieme di indicatori e metodi di misura dei risultati.

Step 2 Opporsi al deterioramento e correggere le debolezze

– Stabilire le condizioni base, opporsi al deterioramento ed abolire le cause di deterioramento forzato (supportare la manutenzione autonoma). – Condurre attività di miglioramento focalizzato per correggere i punti deboli ed aumentare il ciclo di vita. – Prevenire il ricorrere dei guasti maggiori.

Step 3 Costruire un sistema di gestione delle informazioni computerizzato

– Costruire un sistema di gestione dei dati di guasto. – Costruire un sistema di gestione della manutenzione. – Costruire un sistema di gestione del budget di manutenzione. – Costruire un sistema di controllo delle parti di ricambio, disegni e dati tecnici.

Step 4 Costruire un sistema di manutenzione periodica.

– Preparare una manutenzione periodica. – Preparare un diagramma di flusso per il sistema di manutenzione periodica. – Migliorare gli standard

Step 5 Costruire un sistema di manutenzione predittiva.

– Introdurre dispositivi diagnostici. – Preparare un diagramma di flusso per il sistema di manutenzione predittiva. – Selezionare le macchine e componenti per la manutenzione predittiva ed estenderla gradualmente. – Sviluppare macchine e tecnologie di diagnosi

Step 6 Valutare il sistema di manutenzione progressiva.

– Valutare i miglioramenti di affidabilità: numero guasti e stop minori, MTBF.. – Valutare i miglioramenti di manutenibilità: numero di manutenzioni periodiche e predittive, MTTR. – Valutare i risparmi economici.

## 2.4.6 VI Pilastro – Addestramento

- Una corretta ed efficace implementazione del TPM necessita di personale istruito, motivato e partecipe agli avvenimenti aziendali, in grado di attuare in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal piano di introduzione e sviluppo del TPM. In tal senso assume un ruolo fondamentale l’addestramento del personale, che deve essere svolto in modo rigoroso e sistematico. Prima di ogni altra cosa occorre definire il livello di istruzione del personale. Per riuscire in ciò si è soliti utilizzare lo schema “4 skill levels”:
- Mancanza di competenze teoriche e pratiche;
- Mancanza di competenze pratiche;

- Mancanza di competenze teoriche;
- Possesso di entrambe le competenze

Dopodiché è opportuno indirizzare il processo formativo verso la creazione di figure professionali “multiskilled” ed estremamente competenti, che abbiano le capacità di:

- diagnosi
- intervento
- problem finding
- migliorare il servizio
- problem solving
- lavorare in gruppo.

L’addestramento dovrebbe essere un mezzo per creare stimoli e motivazione e per fidelizzare il personale, rendendolo partecipe della missione dell’azienda. Infine, bisogna favorire la creazione di un ambiente di lavoro in cui sia diffuso il concetto di “auto-addestramento”: il personale dovrebbe trovare gli stimoli per accrescere il proprio bagaglio culturale e per apprendere nuove e più elevate competenze. Solo personale istruito e motivato può infatti mettere in atto in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal TPM.

## 2.4.7 VII Pilastro – Qualità

Una corretta gestione della manutenzione si riflette inevitabilmente in un incremento della qualità del prodotto. La produzione infatti dipende dalla disponibilità e dalle condizioni operative delle macchine, per cui il controllo e l’accurata manutenzione di



queste ultime possono incrementare il livello di qualità dei prodotti che vi vengono lavorati.

Gestire la manutenzione in un'ottica di qualità, significa operare in modo da prevenire problemi e difetti attraverso la corretta gestione dei processi e delle attrezzature. Dato che essa dipende generalmente da quattro fattori: uomini, materiali, macchine e metodi affinché si ottengano i risultati desiderati dall'implementazione di questo pilastro, è necessario aver già correttamente sviluppato i pilastri della manutenzione autonoma, dell'addestramento, della manutenzione progressiva e del miglioramento focalizzato.

## 2.7.8 VIII Pilastro – Amministrazione

Va di pari passi con il primo pilastro ma si estende anche ai vertici aziendali. Il compito fondamentale del sistema amministrativo e quello di creare dei team di sviluppo della TPM e interfacciare i vari gruppi; implementando al contempo il pilastro del miglioramento focalizzato è possibile incrementare l'efficienza delle attività di riorganizzazione e ridurre le problematiche tipiche. Le attività fondamentali che il sistema amministrativo è chiamato ad assolvere sono le seguenti:

- Motivare e sostenere i team di implementazione della TPM;
- Supportare il management a diffondere la strategia aziendale;
- Raccogliere dati;

# Capitolo 3: Casi di studio di applicazioni di TPM nelle industrie manifatturiere

Nelle odierne industrie, il concetto di Total Productive Maintenance (TPM) è stato ampiamente accettato e implementato, ma è ancora possibile trovare industrie che affrontano sfide di manutenzione. L'obiettivo di questo lavoro era sviluppare un modello TPM efficace per migliorare il sistema di manutenzione presso le industrie manifatturiere.

## 3.1 Implementazione TPM nella linea automobilistica

La gestione della manutenzione è un argomento di importanza strategica per i produttori automobilistici. In effetti, un processo di manutenzione efficace e una procedura di manutenzione preventiva (PM) possono ridurre significativamente il rischio di guasti alle apparecchiature che possono portare a tempi di fermo sulle linee di produzione. Tuttavia, a causa della complessità di un sistema di produzione automobilistico, il rischio di guasti su un pezzo cruciale dell'attrezzatura di produzione non può essere completamente evitato.

Questo documento mira a migliorare la disponibilità di una linea di produzione critica attraverso la metodologia di Total Production Maintenance (TPM) e supportata da strumenti di manutenzione snella. Viene effettuata un'analisi delle condizioni iniziali della linea in cui vengono identificati i problemi principali utilizzando diversi strumenti a tale scopo, come il tempo medio tra guasti (MTBF), il tempo medio di riparazione (MTTR), l'efficienza complessiva delle attrezzature (OEE) e Disponibilità (A).

In risposta ai problemi identificati, viene sviluppato e implementato un piano d'azione per trovare la causa principale dell'elevato numero di malfunzionamenti e guasti in una delle apparecchiature della linea con l'uso di strumenti 5S, gestione visiva e progressi di manutenzione, come nonché lo sviluppo di un programma di formazione per aumentare le competenze degli operatori. I risultati di tali azioni sono stati positivi quando la linea è diventata più organizzata, il valore dell'MTBF è aumentato, il valore dell'MTTR è diminuito e, di conseguenza, la disponibilità complessiva è aumentata.

### 3.1.1 Introduzione:

L'aumento della concorrenza globale, l'attenzione per il risparmio di carburante, l'aumento dei prezzi delle materie prime, la mobilità elettrica e intelligente e cicli di sviluppo più brevi sono tutti fattori che rendono oggi il settore automobilistico una delle industrie più competitive.

Questa competitività spinge le aziende alla ricerca della diversificazione, la manutenzione è un fattore importante che può garantire la sostenibilità delle macchine e aiuta anche a garantire la disponibilità dello strumento di produzione. Total Productive Maintenance - (TPM) è una filosofia che mira a ottimizzare le prestazioni complessive delle apparecchiature di produzione e garantirne l'uso più efficiente. Questo metodo si concentra sulla partecipazione dei dipendenti agli sforzi di manutenzione e all'efficienza delle attrezzature. Massimizzando l'efficienza e trovando il costo ottimale durante il ciclo di vita dell'apparecchiatura, l'obiettivo è ridurre i costi, ridurre i tempi di consegna e aumentare la qualità del prodotto. Questa filosofia è implementata a tutti i livelli dell'azienda e richiede l'impegno di tutti i dipendenti. La filosofia del TPM è di non smettere mai di cercare la massima produttività del sistema industriale al fine di ottenere

il massimo utilizzo del potenziale produttivo o avvicinarsi il più possibile a zero interruzioni del processo. L'approccio TPM è un approccio che si concentra su due fasi.

1) La prima è una fase di analisi che mira principalmente a migliorare l'efficienza complessiva dell'apparato produttivo

2) la seconda fase è una fase di miglioramento del concetto di auto-manutenzione, ovvero la partecipazione degli operatori della macchina dando loro la responsabilità nel funzionamento del suo equipaggiamento.

TPM cerca di raggiungere il 100% di disponibilità delle attrezzature di produzione eliminando arresti non pianificati di attrezzature, sprechi causati da prestazioni della macchina degradate, riduzione della produttività causata da una riduzione della velocità della macchina, rotture o arresti richiesti da operatori di basso livello o mancanza di personale qualificato e perdita di tempo prezioso all'avvio dell'apparecchiatura dopo un arresto programmato o meno. L'implementazione di TPM offre numerosi vantaggi, tra cui una migliore qualità dovuta a una migliore stabilità delle attrezzature, una maggiore produttività eliminando interruzioni, micro-arresti e perdita di ritmo, un miglioramento della velocità di consegna grazie a una pianificazione più semplice. Una riduzione dell'accumulo di lavori in corso (WIP) nei siti previsti a tale scopo al fine di compensare i fermi macchina e, infine, potrebbe portare a una maggiore soddisfazione dei dipendenti attraverso risultati migliori, maggiore responsabilità e coinvolgimento e compiti più ricchi. Questo studio ha lo scopo di migliorare la disponibilità di una linea di produzione critica attraverso la metodologia TPM e supportata dagli strumenti di Lean Maintenance. Viene effettuata un'analisi delle condizioni iniziali della linea impiegando MTBF, MTTR, OEE e Availability, in cui vengono identificati i problemi principali. In risposta ai problemi identificati, viene quindi sviluppato e implementato

un piano di azioni per trovare la causa principale dell'elevato numero di malfunzionamenti e guasti in una delle apparecchiature della linea con l'uso di strumenti 5S, gestione visiva e avanzamento della manutenzione.

### 3.1.2 Indici utilizzati:

- OEE l'indice più importante della TPM come già spiegato nei precedenti capitoli, è una misura che trasmette quanto bene funziona l'attrezzatura rispetto al suo pieno potenziale ed è rappresentata come segue:

$$OEE = OA * OP * OQ$$

in cui OA è Disponibilità operativa, OP è Performance operativa e OQ è Qualità operativa.

$$OA = \text{Tempo operativo} / \text{Tempo interessato}$$

$$OP = \text{Tempo di funzionamento corretto} / \text{Tempo di operatività}$$

$$OQ = \text{Pezzi conformi} / \text{Tutti i pezzi prodotti}$$

- Tempo medio tra guasti – MTBF è un indice che fornisce informazioni sull'affidabilità di un'apparecchiatura o di un sottoinsieme. Esprime il tempo medio di operazione conforme, ovvero il tempo che trascorre, in media, tra due guasti consecutivi. L'MTBF è espresso come:

$$MTBF = \text{Tempo operativo} / \text{Numero di guasti}$$

- Il tempo medio di riparazione – MTTR è il tempo medio necessario per riparare un malfunzionamento ed pari alla seguente formula:

$MTTR = \text{Tempo impiegato per riparare i guasti} / \text{Numero dei guasti}$

- Availability: è definita come "la capacità di un bene di essere in grado di adempiere a una funzione richiesta in determinate condizioni, in un dato momento o in un determinato intervallo di tempo, supponendo che il vengono forniti i mezzi esterni necessari ". L'espressione della disponibilità dipende dall'MTTR e dall'MTBF, già menzionati, e può essere calcolata come mostrato nella seguente equazione:

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

### 3.1.3 Caso studio e Obiettivi:

Il primo passo nello sviluppo del piano di miglioramento è stata la scelta della linea di produzione in cui questo progetto sarebbe stato realizzato. Per questo, è stato condotto uno studio che ha coinvolto l'analisi dei guasti registrati nelle apparecchiature dell'intero impianto nel periodo tra giugno e novembre del 2017. In questa analisi, è stato verificato che il numero di macchine in cui era presente almeno un errore era molto elevato e, per questo motivo, è stato deciso di selezionare le 50 macchine con più malfunzionamenti. Poiché alcune di queste macchine erano simili, si decise di raggrupparle per famiglie, con l'intenzione di ordinare i tipi di macchine più negative.

La Fig. 1 mostra un diagramma di Pareto, in cui le colonne rappresentano la frequenza di guasti, ovvero il numero di guasti e la linea continua, la frequenza accumulata, tra i mesi di giugno e novembre.



Fig. 1. Distribution of failures by equipment technologies between June and November 2017.

Si può osservare che delle 32 famiglie di tecnologie identificate, la più negativa è stata la tecnologia 1 con un totale di 125 guasti.

Cinque pezzi di equipaggiamento della tecnologia 1 hanno dato origine ai 125 malfunzionamenti che si possono vedere in Fig. 1. Successivamente, è stato verificato che questi cinque pezzi di equipaggiamento fanno tutti parte della stessa linea di produzione: la linea di produzione del basamento intermedio. Successivamente, la linea di produzione del basamento intermedio è stata scelta per realizzare questo studio.

I carter intermedi arrivano incompiuti all'unità industriale dove vengono lavorati attraverso processi di lavorazione come fresatura, foratura e tornitura. Successivamente, alcuni componenti vengono posizionati in parti già lavorate, come sfere, tamponi e valvole. Infine, gli alloggiamenti intermedi vengono portati nel magazzino del prodotto finito dove vengono spediti al cliente.

In Fig. 2 è mostrato il basamento intermedio che arriva alla linea grezza e il basamento intermedio pronto per la spedizione, dopo aver attraversato le varie operazioni della linea.



Fig. 2. Unfinished (a) and ready for dispatch (b) intermediate crankcase.

L'insieme di macchine disponibili su questa linea ha una capacità produttiva di circa 560 mila pezzi all'anno. Al fine di raggiungere la produzione prevista, la linea opera per sette giorni a settimana e con cinque squadre diverse, tre durante la settimana e due squadre del fine settimana. Ogni squadra è composta da sette operatori, un pilota di linea e il capo della linea. In questa sezione viene effettuata un'analisi dello stato iniziale della linea del carter intermedio. Al fine di percepire meglio lo stato di questa linea, vengono valutati diversi indici come MTBF, MTTR, OEE e A. Successivamente, vengono analizzate le perdite



dell'attrezzatura e dei rispettivi sottoinsiemi più avversi.. La Fig. 3 mostra l'OEE mensile ottenuto durante l'anno 2017 nella lavorazione del basamento intermedio, così come l'OEE target per lo stesso anno, rappresentato dalla linea continua. L'ultima colonna si riferisce alla media ottenuta per questo indice nell'anno 2017.



Fig. 3. Crankcase OEE (%) and the average for the year of 2017.

L'obiettivo OEE per il 2017 era dell'88%, ma la media annuale mostrata in Fig. 3 mostra che questo indice era dell'82,1%. Si osserva inoltre che solo nei mesi di gennaio, marzo e aprile l'obiettivo è stato raggiunto. Il valore più basso ottenuto nel mese di agosto è negativo poiché questo mese è un mese lento con quasi nessun ordine. Considerando gli ultimi cinque mesi del 2017, nessuno di loro è riuscito a raggiungere l'OEE target e, eliminando settembre e dicembre con rispettivamente l'80,4% e l'81,6%, nessun altro mese è stato in grado di superare la barriera OEE dell'80%. Per una migliore comprensione delle differenze tra l'OEE ottenuto e l'OEE obiettivo, è stata ottenuta una Fig. 4 che mostra la deviazione OEE mensile dal target. Analizzando la dimensione della barra verticale per ciascun punto del grafico, si può osservare che i mesi di ottobre e novembre presentano una deviazione di circa il 5%, superata solo dal mese di agosto con una deviazione standard del 6%. La deviazione standard osservata in

questi mesi mostra fino a che punto devono migliorare per raggiungere l'obiettivo di gestione dell'OEE.

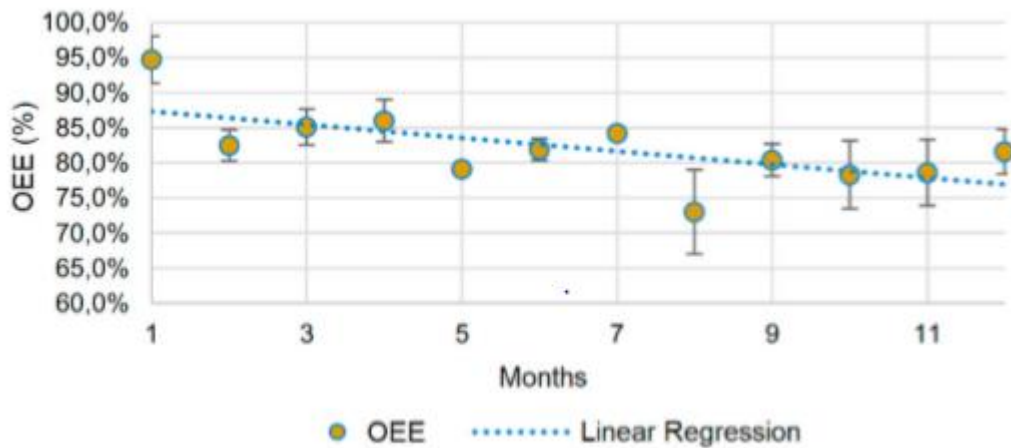


Fig. 4. Standard deviation of the actual OEE in relation to the target OEE.

Al fine di studiare l'affidabilità dell'attrezzatura della linea di produzione del basamento intermedio, il MTBF mensile è stato calcolato nel 2017. Sapendo che l'MTBF rappresenta il tempo medio tra i guasti, si intende identificare il tempo che intercorre tra guasti consecutivi in questo set di attrezzature. Analizzando la Fig. 5, si può affermare che il mese di marzo è stato quello che ha avuto più guasti poiché questo rappresenta il valore più basso dell'MTBF con un tempo medio tra i guasti di 91,45 ore. Ciò significa che, in media, per ogni 91,45 ore si sono verificati guasti in un apparecchio su questa linea.



Fig. 5. MTBF of the intermediate crankcase in hrs.

Per studiare la manutenibilità dell'attrezzatura del basamento intermedio è stato necessario calcolare l'MTTR. Questo indice indica il tempo medio impiegato per la riparazione di un malfunzionamento. Pertanto, più basso è l'MTTR, migliore è. Analizzando la Fig. 6, si può affermare che l'MTTR mostra una tendenza positiva, che nel caso di questo indice rappresenta un risultato negativo per la gestione della manutenzione poiché la tendenza positiva indica che il tempo di riparazione dell'apparecchiatura è aumentato durante l'anno 2017. Il mese in cui il tempo medio di riparazione è stato massimo è stato dicembre con una media di 6 ore per riparare un tempo morto dell'attrezzatura. D'altro canto, il mese di aprile è stato quello in cui il tempo necessario per riparare un malfunzionamento era inferiore, con una media di 1,65 ore. Valori MTTR elevati possono avere una serie di cause, come la complessità del malfunzionamento, la mancanza di conoscenza dei tecnici della manutenzione, la mancanza di risorse umane e la mancanza di materiale.



Fig. 6. MTTR of the intermediate crankcase in hrs.

In uno scenario perfetto, in cui era possibile eseguire tutte le riparazioni dei guasti al di fuori delle ore di funzionamento programmate, la disponibilità di qualsiasi attrezzatura o set di attrezzature era al 100%, ma non è ciò che accade nella realtà. Tenendo conto dell'MTTR e dell'MTBF precedentemente calcolati, è stata calcolata la disponibilità delle attrezzature nell'anno 2017, illustrata nella figura 7. Attraverso l'osservazione della Figura 6, si è verificato che la disponibilità mostra un trend negativo per tutto l'anno 2017. Il mese di aprile è stato il mese in cui la disponibilità ha ottenuto il valore più alto, con circa il 98,9%. D'altra parte, il mese di ottobre rappresenta il mese con una disponibilità inferiore, con circa il 94,8%. Questo valore è correlato all'alto MTTR ottenuto per il mese di ottobre, poiché la disponibilità è correlata a questo indice.



Fig. 7. The availability of the intermediate crankcase in hrs.

### 3.1.4 Risultati e analisi dei risultati:

#### 1) Piano di miglioramento della manutenzione

Attraverso un'analisi dello stato iniziale della linea di produzione del basamento intermedio, sono stati identificati diversi problemi e opportunità di miglioramento. Pertanto, è stato necessario sviluppare e attuare proposte di miglioramento che invertirebbero la situazione rilevata e, di conseguenza, contribuire a migliorare la disponibilità della linea di produzione oggetto di studio. In questo modo, questa sezione presenta una serie di proposte di miglioramento, nonché una descrizione e una spiegazione della loro attuazione. Con l'aggiornamento del piano di manutenzione autonomo è stato possibile ridurre il carico annuale totale di 236 ore, poiché il vecchio piano di manutenzione autonoma aveva circa 310 ore e il piano rivisto ha solo circa 68 ore di carico annuale. Questa drastica riduzione è principalmente dovuta alla modifica dei tempi previsti per le attività di verifica che erano necessarie per eseguire tutte le squadre. Mentre nel vecchio piano di manutenzione autonoma questi rappresentavano circa 214 ore, nel revisionato rappresentano solo 24 ore.

Le attività quotidiane hanno anche ridotto il tempo previsto di completamento in circa 44 ore, alla fine di un anno.

## 2) L'impatto del 5S

I vantaggi di questa organizzazione sono più evidenti nell'armadio dei pezzi di usura poiché questo è costituito da numerosi pezzi che si traducono in un elevato tempo di ricerca, tuttavia, con l'applicazione del 5S e la gestione visiva, i dipendenti hanno preso molto meno tempo per trovare un pezzo particolare. In precedenza, i collaboratori non avevano modo di sapere dove fosse il pezzo che stavano cercando, poiché anche con l'esperienza di alcuni, i pezzi venivano spesso spostati e collocati in una scatola vuota. L'identificazione delle parti e il posizionamento dei colori per operazione fa sì che gli operatori sappiano più facilmente dove stanno cercando i pezzi, risparmiando tempo in qualcosa che non aggiunge valore.

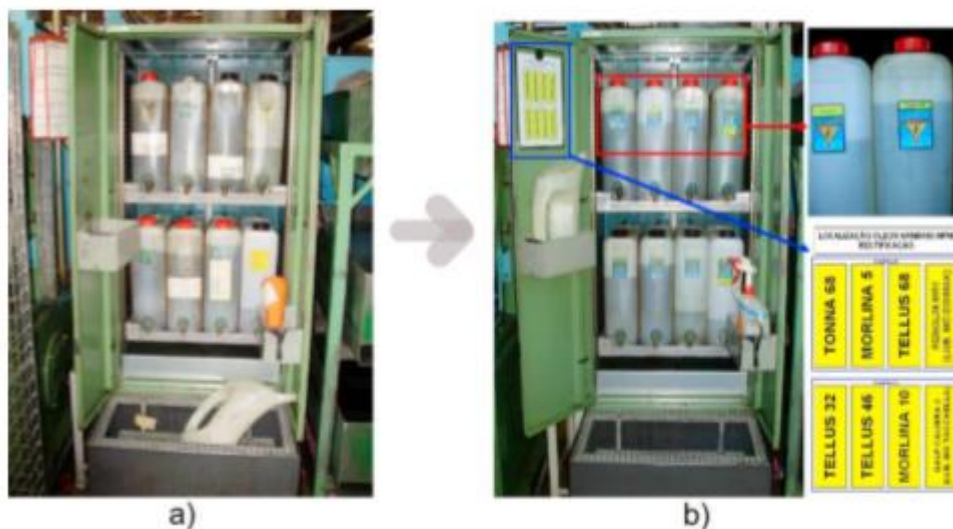


Fig. 8. The oil closet before and after the 5S intervention.

### 3) Risultati negli indici

Nella tabella sottostante vengono mostrati i valori medi di MTBF, MTTR e disponibilità per l'ultimo trimestre del 2017 e per il primo trimestre del 2018. Si può osservare che l'MTBF medio è aumentato di 31 ore, ovvero nell'ultimo trimestre del 2017 l'attrezzatura nella linea di produzione studiata si è verificato un tempo di inattività medio ogni 124 ore. Tuttavia, nel primo trimestre del 2018 l'apparecchiatura ha avuto, in media, un tempo di inattività ogni 155 ore. Si può concludere che le misure adottate hanno contribuito alla riduzione del numero di guasti, rispetto all'ultima metà del 2017, da quando l'MTBF è aumentato. I valori medi di MTTR per il primo trimestre del 2018 sono diminuiti rispetto all'ultimo trimestre del 2017 poiché il tempo medio di guasto è passato da 5,26 ore a 4,56 ore. Questo risultato positivo dimostra che i tecnici della manutenzione hanno concesso meno tempo per risolvere un malfunzionamento. La disponibilità nell'ultimo trimestre del 2018 è stata in media del 95,9% mentre nel primo trimestre del 2018 la disponibilità media ha raggiunto il 97,1%. Sebbene il valore di disponibilità sia aumentato considerevolmente dell'1,2%, non è stato possibile raggiungere il valore obiettivo di almeno il 98% di disponibilità. Tuttavia, può essere considerato un risultato positivo poiché è stato ottenuto in quanto la disponibilità è aumentata considerevolmente. In questo modo si può affermare che le azioni attuate hanno avuto successo poiché hanno contribuito all'aumento della disponibilità.

Table 1. A comparison between MTBF, MTTR and Availability.

	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Availability (%)
Average of the last 2017 trimester	124	5.26	95.9 %
Average of the first 2018 trimester	155	4.56	97.1 %

### 3.1.5 Conclusione:

Su quest'analisi è stato proposto un miglioramento della disponibilità di una linea di produzione critica attraverso la metodologia TPM e supportata dagli strumenti di Lean Maintenance. L'unità industriale in cui è stato realizzato questo studio produce carter intermedi per l'industria automobilistica. È stata fatta un'analisi generale delle condizioni iniziali della linea di produzione, in cui i principali problemi sono identificati impiegando diversi strumenti a tale scopo: MTBF, MTTR, OEE e disponibilità. In risposta ai problemi identificati, è stato sviluppato e implementato un piano di azioni al fine di trovare la causa principale dell'elevato numero esistente di guasti osservati in una delle apparecchiature della linea con l'uso di strumenti 5S, gestione visiva e progressi di manutenzione, come nonché lo sviluppo di un programma di formazione per aumentare le competenze dei dipendenti. Sono stati apportati numerosi miglioramenti e i risultati hanno dimostrato che questa linea di produzione è diventata più organizzata e che il valore dell'MTBF è aumentato, l'MTTR è diminuito e, di conseguenza, la disponibilità complessiva è aumentata.

Pertanto, le azioni attuate hanno avuto successo e la tendenza a migliorare ulteriormente l'affidabilità di questa linea è tangibile.

## 3.2 Miglioramento dell'efficacia complessiva delle attrezzature del centro di lavoro mediante TPM.

TPM garantisce la disponibilità di una macchina e il suo metodo di implementazione comporta miglioramenti continui che portano a perdite ridotte. Questo documento presenta un caso di studio sul miglioramento dell'efficacia complessiva delle



attrezzature (OEE) delle attrezzature in un'azienda manifatturiera che produce alloggiamenti per sterzo e anche per determinare e affrontare le sfaccettature che fungono da barriere nell'implementazione del TPM nell'officina meccanica.

Principali problemi affrontati da questa azienda:

- 1) mancanza di scorte nei tempi di cambio alimentazione
- 2) utensili che riducono la disponibilità della macchina che a sua volta si traduce in un enorme calo di OEE.

Il livello attuale di OEE per quella particolare macchina risulta essere del 54,09%.

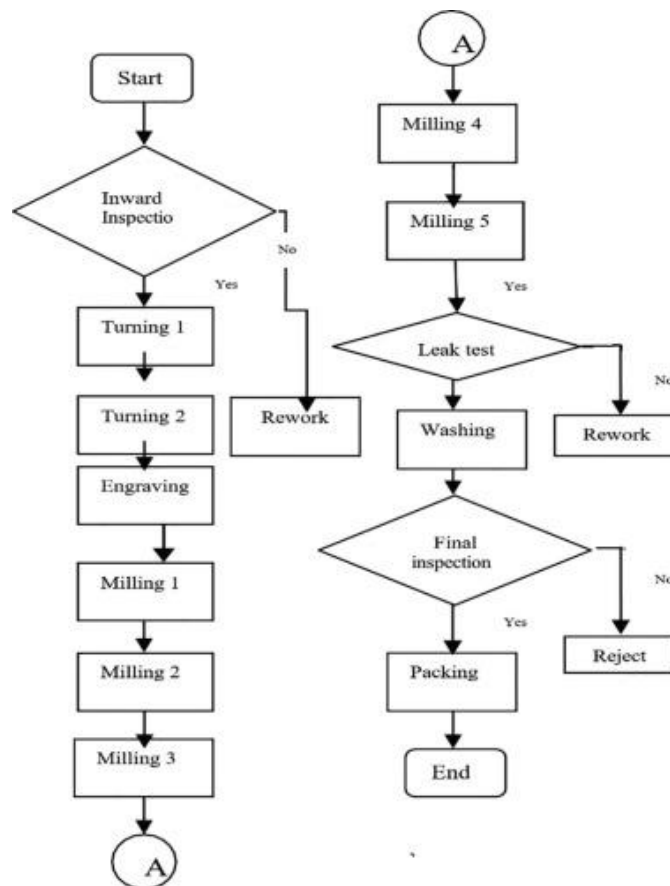
### 3.2.1 Introduzione:

L'implementazione del TPM implica l'applicazione di metodi continui per ridurre le perdite. Le aggiunte di valore ai prodotti di solito coinvolgono macchine e attrezzature, il TPM si concentra sul miglioramento delle perdite relative alle apparecchiature. La società considerata per questo studio è una società di lavorazione e produzione di precisione che ha due centri di tornitura CNC, cinque centri di lavorazione e una macchina per incisione che vengono utilizzati per produrre alloggiamenti di potenza variabile (VSP). Di queste otto macchine, il quinto centro di lavoro CNC è stato selezionato per ulteriori analisi perché il suo tempo di ciclo è superiore rispetto alle altre macchine e anche il tempo di cambio utensile è molto elevato rispetto ad altre macchine. Inoltre, è stato riscontrato che lo stock nella macchina precedente alla macchina 5 è in esaurimento. Il tempo di cambio utensile è estremamente elevato in quanto sono stati necessari circa 90 minuti per cambiare l'alesatore di acciaio. Per questi motivi, i tempi di attività della macchina sono ridotti. Quindi, questo lavoro si rivolge per aumentare l'OEE del centro di lavorazione implementando strumenti TPM e Lean.

L'implementazione del TPM richiede un'adeguata formazione per i dipendenti e il top management e il tempo di cambio degli strumenti viene affrontato implementando Single Minute of Exchange of Dies (SMED).

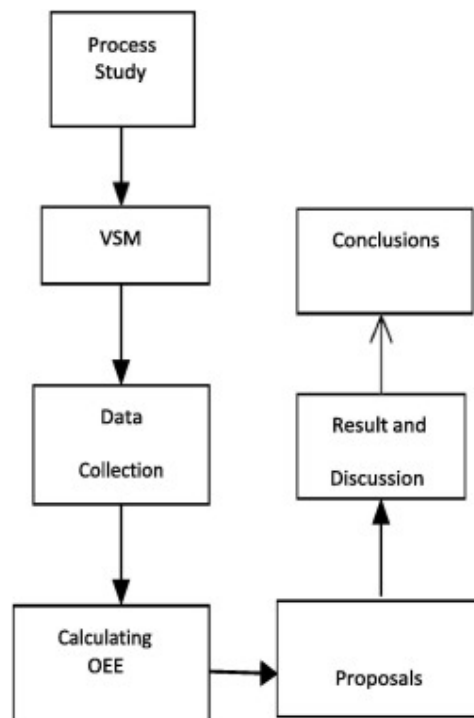
### 3.2.2 Analisi del processo:

Le unità di lavorazione di precisione dispongono di un totale di 7 macchine a controllo numerico, una sezione di lavaggio, una sezione di ispezione dedicata e una sezione di imballaggio che è mostrata nello schema sottostante.



In ciascuna delle macchine a controllo numerico, la materia prima viene lavorata in base alle esigenze del cliente. Quindi il materiale lavorato viene sottoposto a prove di tenuta e, dopo aver superato questo test, il materiale è stato lavato e sottoposto all'ispezione finale e, se soddisfa tutti i requisiti, procede all'imballaggio.

Il CSVSM (Current State Value Stream Mapping) è stato effettuato con dati preliminari, come domanda, tempo disponibile netto, numero di turni, tempo di ciclo, ecc., La macchina selezionata per questa analisi si basava sull'output ottenuto da CSVSM. È stato calcolato l'OEE di quella macchina e l'analisi è stata fatta dai risultati ottenuti e sono state fatte le proposte per migliorare l'OEE. La metodologia per realizzare questo studio è stata mostrata in Fig.3.



### 3.2.3 Mappatura

Per qualsiasi organizzazione che si trova nel percorso Lean la mappatura del flusso di valore (VSM) è necessaria. VSM induce un diagramma di flusso che è stato utilizzato nelle organizzazioni per documentare ogni singolo processo. VSM elimina i colli di bottiglia nel processo e questo può essere ridotto implementando strumenti snelli e quindi è stata preparata una futura mappatura del flusso di valori di stato.

Lo stato attuale VSM fornisce lo studio corrente del processo che necessita di dati come la domanda dei clienti, il tempo di ciclo di ciascun processo, l'orario di lavoro, i tempi di inattività pianificati, i dati di inventario, i tempi di cambio, i tempi di operatività, la disponibilità delle macchine, ecc.

I requisiti preliminari per tracciare una mappatura del flusso di valori dello stato corrente sono:

- la domanda (al mese o la domanda giornaliera)
- il numero di operatori richiesti per eseguire l'attività
- il numero di giorni lavorativi in un mese
- il numero di ore per turno
- il numero di turni
- il tempo di attività
- dati di disponibilità
- inventario (lavori in corso)

I dati preliminari per costruire un CSVSM sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1 . VSM Data.

S.No.	Descrizione	Dati
1	Domanda / mese	20.000 unità
2	Numero di giorni lavorativi	26
3	Numero di turni al giorno	3
4	Numero di ore per turno	8
5	Pausa	30 minuti

Il tempo di ciclo per ciascun processo è raccolto e presentato nella Tabella 2.

Processi	Tempo di ciclo (minuti)
Ispezione interna	4
Girando 1	2.15
Girando 2	1.36
incisione	2
Fresatura 1	8.20
Fresatura 2	9
Fresatura 3	10
Fresatura 4	7
Fresatura 5	13
Test di perdita	4
Lavaggio	4
Ispezione finale	4
Imballaggio e spedizione	4

Per calcolare l'OEE, è stato selezionato il quinto centro di lavoro in quanto il suo tempo di ciclo era maggiore rispetto ad altre macchine. Tempo netto disponibile al giorno, tempi di inattività pianificati, perdite di arresto (guasto, impostazione, commutazione e arresti minori), produzione potenziale, produzione effettiva prodotta, numero totale di rifiuti, numero totale di prodotti di qualità prodotti sono i dati di base richiesti per il calcolo OEE.

Si prevede di calcolare l'OEE per il mese di febbraio 2019. Tutti i dati raccolti sono in tempo reale e non sono state formulate ipotesi nella raccolta dei dati. I dati sono stati raccolti in turni per l'intero mese. I dati richiesti per il calcolo dell'OEE sono raccolti e presentati nella Tabella 3. I dati sui tempi di inattività e sul rifiuto non pianificati per i primi quattro giorni lavorativi del mese di febbraio sono riportati nella Tabella 4 e nella Tabella 5 e il resto dei dati relativi al mese di febbraio è presentato rispettivamente nell'Appendice A e nell'Appendice B.

Tabella 3 . Immettere i dati per il calcolo OEE.

<b>parametri</b>	<b>Tempo (minuti)</b>
Tempo disponibile netto per turno	480
Tempo di inattività pianificato per turno	30
Tempo operativo disponibile per turno	450

Tabella 4 . Tempo di inattività non pianificato.

<b>Maiusc 01</b>			<b>Maiusc 02</b>			<b>Maiusc 03</b>		
<b>Abbattersi</b>	<b>Cambia sopra</b>	<b>Fermate minori</b>	<b>Abbattersi</b>	<b>Cambia sopra</b>	<b>Fermate minori</b>	<b>Abbattersi</b>	<b>cambiare</b>	<b>Fermate minori</b>
0	0	20	0	20	45	0	40	45
0	0	240	0	390	0	0	0	110
0	0	30	0	0	30	0	0	100
0	0	0	0	0	0	0	0	40

Tabella 5 . Dati di produzione.

Numero parte	Maiusc 01			Maiusc 02			Maiusc 03		
	No. prodotto	Bersaglio	Rejects	No. prodotto	Bersaglio	Rejects	No. prodotto	Bersaglio	Rejects
382	132	152	1	80	152	2	0	152	0
387	0		0	40		2	100		3
0	0		0	0		0	0		0
367	68	152	0	32	152	3	88	152	4
0	0		0	0		0	0		0
0	0		0	0		0	0		0
367	141	152	5	56	152	3	0	192	0
777	0		0	0		0	66		1
776	0		0	0		0	34		1
776	200	192	3	196	192	7	72	192	0
777	0		0	0		0	72		0
0	0		0	0		0	0		0

Vengono raccolti i tempi di fermo non programmati del centro di lavoro 5 che includono guasti alla macchina, tempo di cambio, tempo di cambio utensile, arresti minori come riunioni non pianificate, ecc. Nel centro di lavoro sono state prodotte tre parti, ognuna con tempi di ciclo diversi e obiettivi di produzione diversi. Per ciascun

numero di parte, è necessario raccogliere l'output effettivo prodotto. Identificare il numero di prodotti che non soddisfano le specifiche indicate dal cliente.

Con tutti i dati disponibili, l'efficacia complessiva dell'apparecchiatura può essere calcolata e mostrata nella Tabella 6. L'OEE può essere calcolato usando l'equazione (1).

$$OEE = A * P * Q$$

dove, tasso di disponibilità A, tasso di prestazione P, tasso di qualità Q.

Tabella 6 . Livello attuale OEE.

Cambio	OEE
1	53.01%
2	61.17%
3	47.97%
OEE medio	54.09%

Le OEE calcolato per tre turni sono mostrate in Fig. 5. Dalla Fig. 5, si deduce che esiste una variazione nell'OEE corrente. Ciò indica che esiste un margine per un ulteriore miglioramento dell'OEE per il centro di lavorazione 5. L'OEE calcolato per l'intero mese di febbraio 2019 è mostrato nell'Appendice B. Fig. 6.



Fig. 5. Shift VS OEE.

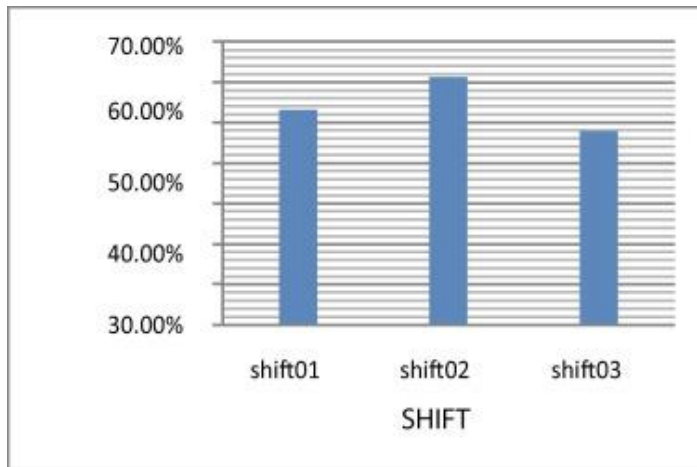
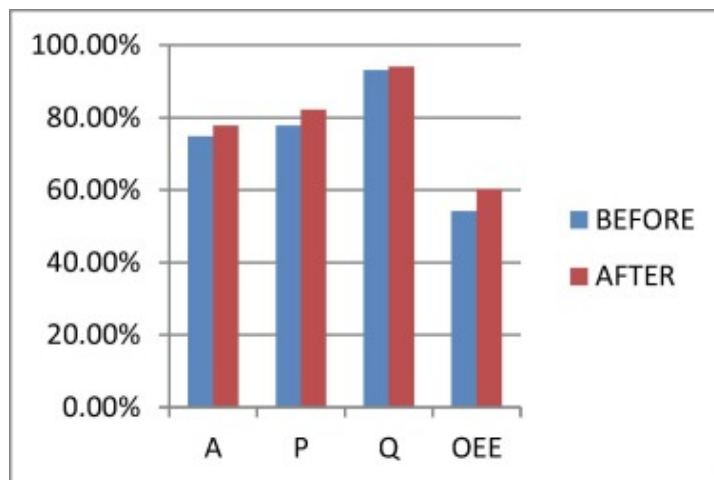


Fig. 6. Risultati OEE prima e dopo l'implementazione.



### 3.2.4 Implementazione di TPM e SMED

L'implementazione del TPM in modo graduale migliorerà la disponibilità delle macchine, vale a dire che i tempi di fermo macchina non pianificati saranno ridotti. Ciò è dovuto alla politica di manutenzione autonoma in cui gli operatori eseguono determinate operazioni come pulizia, lubrificazione, serraggio dei bulloni, ispezione visiva, ecc.

Per un'organizzazione che implementa il TPM, 5S è considerata la base. I problemi possono essere riconosciuti solo quando il posto di lavoro è organizzato, quindi il 5S è considerato la base per l'implementazione del TPM. Se il 5S non viene preso in seria considerazione, ciò porta a difetti, ritardi, clienti insoddisfatti, dipendenti demoralizzati e calo dei profitti.

Come risultato dell'implementazione del TPM, il tasso di prestazioni dell'attrezzatura è stato migliorato all'82,2% e il tasso di qualità è stato migliorato dell'1% e si attesta al 94,07%. Lo scopo di SMED è ridurre il tempo di cambio utensile a meno di 10 minuti. Tuttavia, in questo caso, il tempo di cambio utensile è di 90 minuti ed è altamente impossibile ridurre il tempo di cambio utensile a meno di 10 minuti. Il primo passo nell'implementazione SMED è di separare gli elementi interni (gli elementi devono essere completati mentre l'apparecchiatura è ferma) e gli elementi esterni (gli elementi devono essere completati mentre l'apparecchiatura è in funzione) che sono mostrati nella Tabella 7. SMED si concentra sulla conversione di elementi interni (I) in elementi esterni (E).

<b>S.No</b>	<b>Attività</b>	<b>Tempo (minuti)</b>	<b>I / E</b>
1	Spegnere l'alimentazione a bordo	1	io
2	Seleziona strumenti, calibri	5	E
3	Cerca chiave inglese	2	E
4	Trasportare lo strumento sulla macchina	3	io
5	Staccare il tubo dell'aria	1	io
6	Svitare le viti	4	io
7	Rimuovi il vecchio dado	2	io
8	Seleziona un nuovo dado	2	E
9	Ispeziona il nuovo dado	5	io
10	Trasportare nuovi stampi sulla macchina	3	io
11	Pulire la base della macchina	2	io
12	Misura centro e posizione	8	io

<b>S.No</b>	<b>Attività</b>	<b>Tempo (minuti)</b>	<b>I / E</b>
13	Cerca elementi di fissaggio	2	E
14	Regolare e bloccare	9	io
15	Collega un nuovo dado	8	io
16	Montare gli accessori	7	io
17	Collegare il tubo dell'aria	2	io
18	Giro di prova	13	E
19	Ispezionare il prodotto	8	io
20	Aggiorna il registro	6	io
21	Strumenti per la restituzione	5	io
	Totale	90 minuti	

La separazione del lavoro esterno dal lavoro interno mantiene una lista di controllo, controlli funzionali e trasporti migliorati e include anche l'installazione del carrello. Il carrello di installazione può includere strumenti, calibri, istruzioni, ecc., Poiché è utile raccogliere tutto ciò che è necessario per il lavoro di installazione. Un controllo funzionale assicura che tutti gli strumenti e le parti siano in perfette condizioni. La funzione della checklist è quella di garantire che tutti i lavori esterni vengano eseguiti. Pochi degli elementi interni possono essere convertiti in elementi esterni ed è mostrato nella Tabella 8.

Tabella 8 . Da interno a esterno.

Attività	Commento
Trasportare lo strumento sulla macchina	Rendi esterno
Ispeziona il nuovo dado	Rendi esterno
Trasportare nuovi stampi sulla macchina	Semplifica l'esterno
Ispezionare il prodotto	Semplifica l'esterno
Aggiorna il registro	Rendi esterno
Strumenti per la restituzione	Semplifica l'esterno

Elimina i rifiuti come la ricerca di qualcosa, lo stretching, l'attesa, il sollevamento, ecc.

In questo caso si riduce perché il 5S è stato implementato come processo di implementazione del TPM. Secondo Shigeo Shingo, il primo giro allenta il bullone e l'ultimo giro stringe i bulloni e tutto il resto è considerato come uno spreco. Pertanto, le dimensioni dei bulloni sono state ridotte al fine di ridurre i tempi di fissaggio, il che a sua volta aiuta a raggiungere SMED. I perni guida, i talloni di arresto, i dispositivi e gli strumenti standardizzati sono stati utilizzati per evitare un posizionamento errato.

Righelli e calibri sono stati evitati per il posizionamento. A seguito dell'implementazione di SMED, il tempo di cambio utensile è stato ridotto di 30 minuti e, a sua volta, il tasso di disponibilità della macchina è stato notevolmente migliorato del 3%.

### 3.2.5 Risultati e discussione:

Dai dati di cui sopra, l'efficacia complessiva dell'attrezzatura per una fresatrice CNC è risultata del 54,09%. Il tasso di disponibilità è risultato pari al 74,79%, il tasso di qualità e il tasso di prestazione sono stati rispettivamente del 93,07% e del 77,72%. Al fine di migliorare l'OEE della macchina, sono state realizzate le proposte di miglioramento sopra menzionate e il miglioramento dei parametri OEE è mostrato nella Tabella 9 e nella Figura 6.

Tabella 9 . Miglioramento dei parametri OEE.

	UN	P	Q	OEE
<b>Prima</b>	74.79%	77.72%	93.07%	54.09%
<b>Dopo</b>	77.79%	82.20%	94.07%	60.15%

Una nuova fresatrice con le stesse specifiche della quarta macchina è stata proposta per introdurre al fine di migliorare lo stock adeguato per l'alimentazione della quinta fresatrice. Tuttavia, questa proposta è costosa; ciò migliora ancora lo stock in feed per la quinta macchina.

### 3.2.6 Conclusione

L'implementazione del TPM comporta un aumento del tasso di prestazione, che tende ad aumentare il tasso di qualità. Il tasso di disponibilità della macchina è migliorato dall'implementazione di SMED. Come risultato dell'implementazione di TPM e SMED, la produttività e la qualità del prodotto sono migliorate.

### 3.3 L'impatto dell'applicazione di strumenti Lean per il miglioramento dei processi in un'azienda di plastica.

Questo articolo è il risultato di un lavoro sviluppato nello stabilimento di produzione di prodotti in plastica. L'obiettivo principale di questo progetto era l'implementazione degli strumenti Lean nei due principali prodotti dell'azienda, i copricerchi e i paraurti anteriori, al fine di ottenere una riduzione dei tempi di ciclo, un aumento della produzione nelle linee di produzione e una riduzione nelle lamentele associate a questi prodotti. Questa indagine è iniziata con la revisione bibliografica di Lean e dei principali strumenti Lean utilizzati in questo modello organizzativo come 5S, Visual Management, SMED, Standard Work e OEE. La diagnosi è stata avviata attraverso una descrizione dettagliata e un'analisi dei vari processi associati a ciascun prodotto. Per questo, sono stati analizzati diversi parametri (non conformità, reclami, sono stati identificati i ritardi di consegna e il calcolo dei valori OEE) e le opportunità di miglioramento. Per ogni aspetto identificato, sono stati proposti miglioramenti attraverso strumenti e metodologie Lean come 5S, Visual Management, SMED e Standard Work. Alcuni miglioramenti applicati anche al processo non avevano alcuna relazione con gli strumenti e le metodologie Lean. L'implementazione delle proposte di miglioramento suggerite ha avuto impatti abbastanza positivi come la riduzione del 70% dei tempi di trasporto nella linea di produzione di verniciatura e la crescita dell'indice OEE nel 18% nel processo di iniezione, il 16% nella linea di produzione di verniciatura della ruota Copertine e 17% nella linea di produzione di verniciatura dei paraurti anteriori.

### 3.3.1 Introduzione:

Questo cliente lavora principalmente con l'industria automobilistica, un'industria molto competitiva, e i loro ordini rappresentano il 70% della produzione giornaliera dell'impianto. I due prodotti che hanno scelto di essere interessati da questi miglioramenti sono stati quelli con il valore più alto per l'azienda, i paraurti anteriori e le coperture delle ruote. Insieme rappresentano il 20% delle entrate annuali della fabbrica e sono quelli con ritardi e problemi di qualità più elevati. Gli obiettivi principali di questo progetto erano la riduzione dei reclami e dei tempi di ciclo e l'aumento della produzione delle linee di produzione. Per raggiungere questi obiettivi abbiamo iniziato analizzando il processo produttivo della fabbrica, seguito dall'individuazione dei principali problemi e opportunità di miglioramento. Infine, sono stati proposti miglioramenti basati su metodologie Lean e l'impatto di queste soluzioni è stato analizzato.

### 3.3.2 Metodologia utilizzata:

La metodologia adottata era "Azione-Ricerca". Questa metodologia può essere descritta come una metodologia di ricerca in cui la ricerca di un problema si traduce nella realizzazione di un'azione in grado di risolverlo. Successivamente, i risultati sono verificati e se non rientrano nei requisiti stabiliti, viene effettuato un nuovo tentativo che porta a un processo ciclico di attuazione dell'azione seguito da una riflessione critica fino al raggiungimento del risultato atteso.

Questa metodologia prevede cinque fasi:

1. Diagnosi: il problema è identificato e l'obiettivo previsto chiarito;
2. Pianificare le azioni: vengono presentate le azioni in grado di risolvere il problema;

3. Implementare le azioni: vengono implementate le azioni presentate nella fase di anteprima;

4. Valutare le azioni: i risultati vengono valutati per vedere se sono conformi alle aspettative e se mantengono nel tempo;

5. Conclusioni - Il principale riferimento sono identificati i vantaggi e i vantaggi del sistema produttivo.

Dopo questa analisi, siamo stati in grado di identificare problemi come l'elevato numero di difetti di fabbricazione, il mancato rispetto delle scadenze, i movimenti inutili, la mancanza di competenze in alcuni lavoratori e molti altri. Nelle due fasi successive, sono stati identificati e proposti i miglioramenti da attuare ed è stato realizzato un piano d'azione per garantire la corretta attuazione di tutte le azioni. Con l'implementazione dei miglioramenti, i risultati sono stati registrati. Alla fine, sono state fatte analisi e discussione dei risultati ottenuti e sono stati effettuati confronti tra la situazione iniziale e finale al fine di comprendere appieno i guadagni ottenuti. Propone infine miglioramenti futuri incentrati sul miglioramento continuo.

### 3.3.3 Risultati:

Al fine di determinare la situazione iniziale, sono stati condotti studi individuali sul campo per ciascun prodotto con la collaborazione di tutti i lavoratori coinvolti. Dal sistema informatico dell'azienda sono stati inoltre rimossi importanti dati per l'analisi, in particolare reclami, ritardi nelle consegne e percentuale di rifiuto interno.

#### 1) Individuazione dei problemi



Per valutare la situazione attuale, i dati sono stati ritirati dall'ultimo trimestre del 2017. Nel terzo trimestre, le coperture delle ruote hanno presentato cinque denunce con un costo associato di 1996.60 euro. Come conseguenza di questo considerevole numero di reclami, il cliente ha deciso di effettuare un audit VDA 6.3 che ha dato origine a una classificazione C - Unable. Questo prodotto ha avuto un rigetto medio del 12% e il 40% dei difetti era dovuto all'iniezione. Utilizzando i dati raccolti dai registri di produzione e i dati informatici, abbiamo calcolato gli indici di disponibilità, reddito e qualità e sono stati ottenuti i seguenti valori per l'ultimo trimestre del 2017:

Table 1. Calculation of OEE for the injection process

Availability	Performance	Quality	OEE
63%	57%	85%	31%

Table 2. Calculation of OEE for the painting process

Availability	Performance	Quality	OEE
80%	73%	88%	51%

I valori OEE del 31% e del 51% confermano l'esistenza del problema identificato: bassa efficienza operativa. I valori degli indici di disponibilità, reddito e qualità, nonché i dati presi, sono il punto di partenza per la definizione della metodologia di problem solving.

## 2) Situazione iniziale dei paraurti anteriori

Per un prodotto per tutto l'anno 2017, non ci sono stati reclami da parte dei clienti. Parallelamente all'audit effettuato sul processo di copertura delle ruote, è stato effettuato anche un audit sul processo di verniciatura dei paraurti anteriori. Il problema principale riscontrato per questo prodotto è la costante delle consegne al cliente (15%). Questo prodotto presentava un livello di rigetto del 5% e il 57% dei difetti proveniva da

impurità. Utilizzando i dati raccolti dai registri di produzione e i dati informatici, abbiamo calcolato gli indici di disponibilità, reddito e qualità e sono stati ottenuti i seguenti valori per l'ultimo trimestre del 2017:

Table 3. Calculation of OEE for the painting process:

Availability	Performance	Quality	OEE
53%	63%	95%	32%

Il valore OEE del 32% conferma l'esistenza del problema identificato: bassa efficienza operativa.

### 3) Analisi dei problemi:

Le seguenti tabelle riassumono le cause identificate dal prodotto e la metodologia di approccio per risolvere il problema (5S, Visual Management, Standard Work, SMED e altre azioni di miglioramento che non rientrano nelle citate metodologie e strumenti Lean).

Tabella 4 - Trattamento delle cause identificate Copriuota

<b>Causa</b>	<b>Trattamento</b>
Politica di manutenzione correttiva	Implementazione di piani di correzione preventiva in stampi e macchine
Instabilità delle squadre nell'area della pittura	Formazione, 5S, lavoro standard, gestione visiva
Perdite nel cambio stampo	SMED
Fallimenti del controllo di qualità dovuti al colore dell'iniezione	Aggiunta del master a Gray per migliorare il rilevamento
Disorganizzazione, disordine e pulizia della fabbrica	5S e Gestione visiva
Lo stock di lattine di vernice disorganizzate	5S e altre azioni di miglioramento

Tabella 5 - Trattamento delle cause identificate paraurti anteriori

<b>Causa</b>	<b>Trattamento</b>
Esigenze di formazione degli operatori	Rotatività dei compiti, formazione degli operatori più esperti
Fallimenti nel processo di preparazione	Studio di un'altra forma di isolamento della griglia
Problemi di layout	Ridefinizione del layout
Impurità risultanti dalla rimozione che causano la contaminazione di altre operazioni con conseguente finitura lunga	Area di spogliatura chiusa con base di aspirazione automatica
Miglioramento del processo di rimozione	Modifica della rimozione della graniglia per il trattamento a fiamma

#### 4) Implementazione delle soluzioni 5S- SMED- Altre applicazioni:

- 5S

Lo strumento di approccio 5S mirava a risolvere il problema "Disorganizzazione, disordine e pulizia della fabbrica" e il contributo alla risoluzione del problema "Instabilità delle squadre e necessità e formazione degli operatori". La metodologia descritta di seguito mira a promuovere un'implementazione 5S rapida, motivante ed efficace. Questa metodologia è stata divisa in quattro fasi, ognuna con le sue sottofasi.

##### I. Preparazione

La prima fase consisteva in uno studio e un'analisi del funzionamento della linea. È stato quindi convocato un incontro e la metodologia 5S è stata presentata a tutti i lavoratori, il loro piano di attuazione e le scadenze.

##### II. Implementazione e risultati

###### a) Selezione:

In questa fase, i collaboratori sono stati divisi in team e stavano classificando gli oggetti in base alla loro frequenza di utilizzo. Sono stati usati i seguenti tag: Verde - "spesso"; Arancione - "Pochi volte"; Rosso - "Mai o raramente". Tutti gli oggetti contrassegnati con il colore rosso sono stati rimossi e inoltre sono stati posizionati i materiali necessari ma non presenti.

###### b) Organizzazione:

In questa fase le macchine sono state identificate e dopo la loro identificazione è stata verificata se la loro identificazione era la più indicata o se dovesse essere cambiata.

Nella Figura 1 possiamo vedere alcuni esempi delle modifiche implementate nella fase organizzativa.



Fig. 1 - Examples of implementation in the organization phase

### c) Pulizia

La pulizia generale è stata effettuata in fabbrica, inclusa la pulizia di tutte le attrezzature e l'area circostante.

### III. Manutenzione e controllo

In questa fase sono state eseguite le seguenti attività:

- Definizione di standard e routine di pulizia;
- Definizione di standard per vernici e vernici;
- Il posizionamento delle immagini con la situazione ideale in cui trovare ogni luogo.

### IV. Esecuzione di audit 5S

Gli audit servono come mezzo per verificare se lo standard viene rispettato e la sua evoluzione al fine di mantenere l'autodisciplina. Le immagini sono state collocate nella situazione ideale e l'auditor passa attraverso le aree da controllare e attraverso il confronto visivo assegna una classificazione a ciascuna area. Questo metodo ha permesso di eseguire audit con meno di 15 minuti e con un livello di dettaglio desiderato.

- SMED

L'obiettivo di SMED era ridurre i tempi di fermo dovuti a un cambiamento nella produzione iniettori che richiedono una buona pianificazione della produzione e uno scambio costante di stampi ad iniezione. Osservando il processo, si è ritenuto che la metodologia SMED avrebbe contribuito al miglioramento del processo. Analizzando le operazioni, è stato possibile identificare ed evidenziare le operazioni interne con il potenziale da trasformare in operazioni esterne.

Table 6. Check internal tasks that can be passed to external

Task	Time	Action	Time
Turn off the machine and let it cool down	00:15:22		00:15:22
Go get tools to remove mould	00:04:12	Switch to external	00:00:00
Remove water from hoses and circuits	00:05:48		00:05:48
Loosen back mould and connections	00:02:20		00:02:20
Place the ring in the mould and secure the crane	00:01:12		00:01:12
Unscrew the front of the mould	00:02:49		00:02:49
Remove mould from machine and land at cleaning place	00:03:33		00:03:33
Go get the new mould	00:06:52	Switch to external	00:00:00
Go fetch missing tools to place the mould	00:01:32	Switch to external	00:00:00
Put washers	00:00:52		00:00:52
Place mould in the machine	00:01:06		00:01:06
Press mould front	00:01:42		00:01:42
Install the extractor bolt	00:00:31		00:00:31
Tighten the mould tightening	00:02:00		00:02:00
Tighten the back of the mould	00:01:38		00:01:38
Open mould	00:00:05		00:00:05
Tighten extractor	00:00:12		00:00:12
Go get the parts and equipment for the connections	00:04:32	Switch to external	00:00:00
Check the elements and make corrections	00:01:30	Switch to external	00:00:00
Turn on temperature controllers	00:00:30		00:00:30
Check and open water circuit	00:00:56		00:00:56
Turn on and fine-tune the heaters and controller	00:00:50		00:00:50
Allow warming the mould	00:10:00	Switch to external	00:00:00
Prepare workbench for the operator	00:04:55	Switch to external	00:00:00
Enter standard parameters and check raw material in greenhouses	00:03:00		00:03:00
Approval of the part by the quality manager	00:05:00		00:05:00
<b>Total</b>	<b>01:22:59</b>		<b>00:49:26</b>

Successivamente, sono state create procedure per lo scambio di stampi, basate sul concetto di lavoro standardizzato. Dopo lo sviluppo delle procedure, sono stati eseguiti test di produzione.

Grazie all'implementazione della metodologia SMED ha consentito una riduzione del tempo di scambio di 30 minuti e 32 secondi corrispondente al 36,79% del tempo iniziale.

- Altre azioni di miglioramento:

Le altre azioni proposte hanno inoltre apportato benefici ai copricerchi e ai processi dei paraurti anteriori. Nella tabella sottostante verrà effettuata un'analisi dei risultati delle soluzioni implementate.

<b>Soluzioni</b>	<b>Guadagni qualitativi</b>	<b>Guadagni quantitativi</b>
Attuazione di piani di manutenzione preventiva in stampi e macchine	Miglioramento dello stato generale delle attrezzature	La diminuzione degli arresti non pianificati dal 12% al 5%
Implementazione dello strumento SMED negli scambi di stampi	Riduzione dei guasti dovuti alla creazione di procedure	Riduzione del 36,79% del tempo iniziale
Implementazione della metodologia del lavoro standard	Maggiore stabilità del processo e maggiore autonomia da parte dei dipendenti	Riduzione della differenza di difetto negli spostamenti del 90%.
Implementazione di 5S	Miglioramento delle condizioni generali di lavoro	Riduzione del 65% del tempo dedicato alla ricerca di materiali e strumenti
L'inclusione di Master Grey nelle coperture delle ruote	Miglioramento delle condizioni di verifica presso il posto di controllo della qualità	L'aumento del 10% dell'indice di qualità nel processo di iniezione
Implementazione della gestione visiva	Gli ausili visivi hanno reso più semplice la trasmissione di informazioni rilevanti ai dipendenti e di conseguenza una maggiore facilità e autonomia nell'esecuzione delle attività	-
Ridefinizione del layout	Esecuzione più semplice delle operazioni	Tempi di spedizione ridotti del 70%
Area di sverniciatura chiusa nell'area di verniciatura	Miglioramento delle condizioni di lavoro nell'area della pittura	Riduzione dei tempi di finitura del 45%
Modifica della forma di isolamento dei paraurti anteriori	Ha reso l'operazione più semplice e più intuitiva	Riduzione dei tempi di preparazione del 33%

Dopo l'implementazione di tutte le proposte di miglioramento nel primo trimestre del 2018, i dati dei primi tre mesi dopo l'implementazione delle azioni sono stati nuovamente analizzati.

### 3.3.4 Discussione dei risultati:

#### 1) Copricerchi



Nel secondo trimestre del 2018 non sono stati rilevati reclami da parte dei clienti. Il cliente ha verificato il processo attraverso il benchmark VDA, che ha portato alla variazione del rating C-Fail dal 44% al 91% con capacità A. Con i miglioramenti implementati possiamo verificare dal confronto tra lo stato iniziale e quello finale che c'era una riduzione del rifiuto del 10%. Entro la fine di giugno 2018, la società non ha avuto alcun ritardo in questo prodotto. Per analizzare meglio le variazioni del processo, l'OEE e i suoi indici per il secondo trimestre del 2018 sono stati calcolati come segue.

Table 8. Calculation of OEE for the injection process:

<b>Availability</b>	<b>Performance</b>	<b>Quality</b>	<b>OEE</b>
78%	63%	98%	48%

Table 9. Calculation of OEE for the painting process:

<b>Availability</b>	<b>Performance</b>	<b>Quality</b>	<b>OEE</b>
85%	81%	98%	67%

Notiamo immediatamente che l'indice di efficienza OEE è aumentato di 18 punti percentuali nell'area di iniezione e di 16 punti percentuali nell'area di verniciatura.

## 2) Paraurti anteriori

Nel secondo trimestre del 2018 non sono stati rilevati reclami da parte dei clienti. Il cliente ha verificato il processo attraverso il benchmark VDA, che ha portato alla variazione del rating C-Fail dal 46% al 93% con capacità A. Entro la fine di giugno 2018, la società non ha avuto alcun ritardo in questo prodotto. Per analizzare meglio le variazioni del processo, l'OEE e i suoi indici per il secondo trimestre del 2018 sono stati calcolati come segue

Table 10. Calculation of OEE for the painting process:

Availability	Performance	Quality	OEE
65%	76%	99%	49%

L'indice di efficienza OEE è aumentato di 17 punti percentuali.

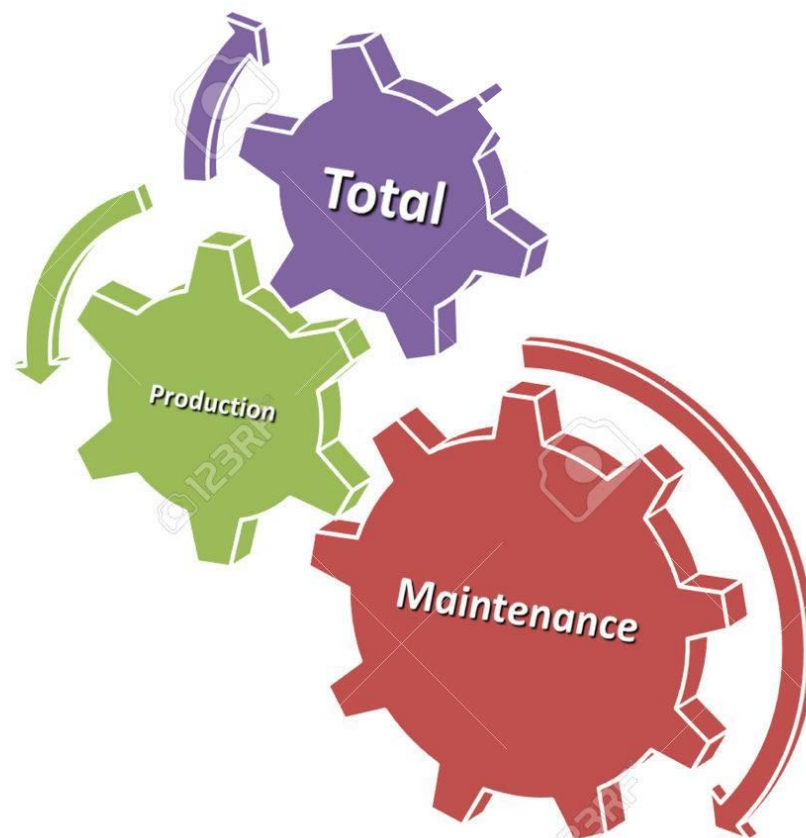
### 3.3.5 Conclusioni

L'implementazione di metodologie e strumenti Lean per aumentare l'efficienza operativa dei processi produttivi delle reti e dei copricerchi si traduce in risultati positivi e promuove il miglioramento continuo a medio termine. Le azioni presentate erano finalizzate a migliorare le prestazioni complessive attraverso gli strumenti: 5S, SMED, Standard Work, Visual Management e altri miglioramenti delle azioni che sono stati identificati durante l'analisi del processo. L'implementazione della metodologia 5S contribuisce a un ambiente più pulito e organizzato, facilitando l'individuazione e l'utilizzo di materiali e attrezzature. Il componente di gestione visiva associato a tutti i metodi e strumenti utilizzati ha permesso di facilitare la percezione, l'esecuzione dei compiti secondo le istruzioni e il coinvolgimento degli operatori. L'implementazione della metodologia SMED nei cambi di stampo ha contribuito in modo significativo alla riduzione spesa per questa operazione. Sebbene vi siano ancora perdite dovute al processo di apprendimento degli operatori, i vantaggi della metodologia SMED sono evidenti. La ridefinizione del layout ha permesso un processo più controllato ed efficiente che ha portato a una significativa riduzione dei tempi e del numero di trasporti, aumentando l'indice di resa del processo di verniciatura. Altre azioni come la modifica dell'isolamento delle griglie e l'applicazione del master nel processo di iniezione ha contribuito in modo significativo alla riduzione dei difetti e all'aumento

dell'indice di qualità. Queste azioni, oltre a migliorare la qualità dei prodotti, migliorano anche l'ambiente, la sicurezza e la responsabilità sociale. Inoltre, questo lavoro può ora essere esteso all'attività globale dell'azienda, in particolare per il processo di metallizzazione ad alto vuoto poiché questo è senza dubbio il processo che conferisce alla società una maggiore importanza sul mercato in modo che l'ottimizzazione apporterebbe grandi benefici allo stesso.

## Capitolo 4: Conclusioni, principali problematiche e sviluppi futuri della metodologia TPM.

### 4.1 Osservazioni conclusive:



A causa della globalizzazione la forte concorrenza globale ha portato, come già detto, a molte sfide che i produttori devono affrontare per poter competere nel miglior modo possibile in modo da riuscire a rimanere competitivi in un mercato così ampio.

Una strategia messa in atto da molte aziende per migliorare la loro competitività è puntare alla TPM (strumento della Lean production) che punta al miglioramento continuo nell'ambito della manutenzione, eliminando qualsiasi forma di malfunzionamento o danneggiamento.

In generale nel mondo della manutenzione, come in qualsiasi altro contesto, un evento con probabilità nulla di verificarsi non potrà mai esistere. Però conoscendo tutti i possibili eventi e studiando i vari dati di esso, possiamo condizionarli prima che si manifestino e attenuarne gli effetti oppure condurli per ottimizzazioni successive ad eventi che sappiamo trattare con efficienza oltre che con efficacia in modo da riuscire a prevenire il tutto consentendo un vantaggio economico. L'implementazione di un "progetto manutenzione" TPM deve sempre tenere conto della storia e delle condizioni al contorno; è necessario fissare degli obiettivi in termini temporali ed economici. Essi devono essere misurabili ma anche raggiungibili e realistici, e si devono applicare le giuste tecniche di management.

Il percorso è appassionante, ma deve essere valutato in relazione alla maturità della struttura organizzativa, alle risorse tecniche, economiche e soprattutto umane che si hanno a disposizione. L'obiettivo principale di tutte le aziende è di rendere questo potente strumento perfettamente integrato in quella che è la quotidianità della vita aziendale nei vari reparti produttivi.

Il coinvolgimento di tutti gli operatori direttamente connessi con le procedure di manutenzione è fondamentale; il percorso è spesso lento ed è maturato giorno per giorno. L'applicazione di tale coinvolgimento è alla base del processo definito di "miglioramento continuo" o "Kaizen"; esso passa attraverso la disgregazione e la sintesi continua delle informazioni e deve coinvolgere tutta l'organizzazione.

L'implementazione della manutenzione autonoma ricopre un altro ruolo fondamentale e ci permette di far acquisire maggiore consapevolezza da parte degli operatori di linea circa la rilevanza del loro ruolo in azienda non solo in termini produttivi, ma anche relativi alla manutenzione. Attraverso il trasferimento di semplici interventi preventivi di manutenzione al conduttore stesso dell'impianto si è potuto prevenire (come dimostrato nei casi studio del capitolo precedente) l'insorgere di guasti; ha quindi permesso di effettuare un'analisi approfondita delle maggiori cause di guasto all'interno dello stabilimento.

Di fatto la TPM permetterà di far trarre all'Azienda non solo un ritorno economico ma al contempo introdurre un nuovo metodo di lavoro che sta permettendo gradualmente di cambiare la mentalità del personale produttivo/manutentivo, facendolo passare da una visione tradizionale di "attesa del guasto" ad una visione "proattiva" di intervento.

I principali vantaggi del TPM si possono così nuovamente riassumere in diversi punti:

- Porta ad un uso più efficiente degli impianti ed attrezzature (Overall Efficiency);
- Introduce una metodologia di manutenzione diffusa in tutta l'organizzazione (Companywide) basata sulla manutenzione preventiva;
- E' predittiva (manutenzione basata su dati statistici);

- Richiede la partecipazione della progettazione e sviluppo, della produzione e manutenzione;
- Coinvolge il management e gli operatori;
- Promuove e migliora le attività di manutenzione basandosi su team autonomi specifici (es. team Six Sigma).

## 4.2 Principali problematiche

Anche se molte organizzazioni comprendono la necessità di implementare il TPM sul posto di lavoro, non tutte le aziende hanno successo con la loro implementazione.

Nonostante la loro semplicità si riscontrano alcune problematiche; le maggiori difficoltà che si possono incontrare sono quelle relative al “cambiamento”, questo richiede un approccio alla manutenzione che intacca il modo di pensare delle persone. Infatti nella maggior parte dei casi, un nuovo metodo di operare è sentito come un qualcosa di imposto dall’alto di cui non si vede l’utilità, anzi, spesso l’avversione al cambiamento e la mancanza di partecipazione da parte del management fa sì che si creino delle barriere che impediscano l’affermarsi di questa filosofia e che le persone avvertano il tutto esclusivamente come un aggravio del proprio lavoro.

Inoltre, la mancanza di risorse per gestire le attività, la mancanza di concentrazione a causa della pressione delle imprese e la mancanza di comprensione sulla necessità di cambiare sono anche sfide per l’implementazione della TPM.

I manager, ad esempio, spesso non sanno cosa fare per cambiare le loro culture o come affrontare la natura ed esigente di Kaizen e non riescono a convincere i dipendenti dell'azienda che devono cambiare.

Un'altra difficoltà sta nel fatto che l'implementazione del TPM è visto per essere implementato in diversi modi e sebbene siano stati fatti tentativi per standardizzare la strategia TPM non esiste ancora approccio formalmente definito che può essere considerato come un approccio standard di settore all'implementazione del TPM.

Inoltre mentre sono disponibili importanti informazioni di ricerca sull'implementazione di questi sistemi in modo sequenziale, sono disponibili poche informazioni relative all'integrazione di questi approcci per fornire un'unica strategia altamente efficace per il cambiamento nelle aziende.

Infine la struttura organizzativa è un altro fattore importante che influenzerà il risultato dell'implementazione della TPM. Di fatto da uno studio Indiano è stato scoperto che l'organizzazione con struttura orizzontale che utilizza relazioni ad hoc e appartenenza collettiva con un alto grado di autonomia, autodisciplina e apertura tende ad avere successo rispetto a un'organizzazione burocratica.

### 4.3 Sviluppi futuri

L'esperienze condotte con la Total Production Maintenance, hanno portato a considerare due categorie di guasti (come abbiamo già visto nei capitoli precedenti):

- guasti imprevisti
  
- guasti cronici.



Paradossalmente sono proprio questi ultimi a destare le maggiori preoccupazioni nella TPM in quanto nella maggior parte dei casi si osserva come, nonostante le contro misure adottate, non si riescano ad ottenere risultati positivi.

Molti ricercatori credono e sostengono concettualmente il valore dell'uso simultaneo di diversi programmi di produzione per massimizzare ed utilizzare al meglio la TPM; ovviamente questi risultano essere dei casi studio ma iniziano ad esserci dei primi approcci di combinazione di vari strumenti come TQM, JIT, Six Sigma, manutenzione autonoma ecc... che permettano un enorme aumento delle prestazioni della TPM.

#### 4.3.1 Manutenzione autonoma

Lo stesso Nakajima evidenzia che la sola manutenzione preventiva non è sufficiente alla eliminazione dei guasti cronici, mentre la cosiddetta Manutenzione Autonoma, che prevede il coinvolgimento degli operatori nello svolgimento delle operazioni di manutenzione più semplici, riesce ad eliminare le cause di degrado forzato che rappresentano un importante ostacolo nel raggiungimento dell'obiettivo di zero guasti e zero difetti (Kaizen).

Per contenere il fenomeno dei guasti ci sono diversi tipi di approcci, alcuni si rifanno ad un modello orientale altri ad un modello più occidentale che al contrario del primo non trova né un deciso orientamento verso "zero guasti" né un miglioramento continuo; piuttosto si può identificare su due diversi partiti:

- Il primo (che si avvicina maggiormente come risultati pratici al modello giapponese) è il partito dell'affidabilità, dove si ritiene necessario ridurre la numerosità dei guasti critici indipendentemente dalla modalità della loro risoluzione, utilizzando e disseminando dove possibile la “manutenzione secondo condizione” e la “manutenzione

predittiva. Questo approccio migliora l'affidabilità a discapito dei costi di progetto e di costruzione del bene, nonché dei costi della successiva manutenzione.

In generale la frequenza dei guasti incide sulla disponibilità indipendentemente dalla durata dei guasti stessi.

- Il secondo, che punta decisamente verso la manutenibilità, rinunciando ad eliminare i guasti di natura aleatoria, concentrandosi sulla drastica riduzione dei tempi di ripristino, facendo leva sulla professionalità, sui metodi, sugli strumenti operativi.

Secondo l'idea della manutenibilità non è possibile far salire al di sopra di un certo livello l'affidabilità proprio per il fatto della complessità, quindi non resta che affidarsi ad un miglioramento del tempo medio di riparazione che è funzione non solo della manutenibilità, ma anche del livello di capacità di chi effettua l'operazione e dalle caratteristiche dell'organizzazione di manutenzione.

#### 4.3.2 TQM e TPM

Nel settore manifatturiero, Total Productive Maintenance (TPM) e Total Quality Management (TQM) sono diventati i concetti chiave per migliorare le prestazioni di produzione, negli ultimi decenni. Tuttavia, la ricerca su TPM e TQM generalmente esamina l'impatto di questi programmi di produzione in modo isolato. Un obiettivo è quello di analizzare comparativamente il co-allineamento tra le pratiche TPM e TQM nel migliorare le prestazioni di produzione rispetto a pratiche TPM o TQM separate. Esiste una relazione forte e positiva tra l'implementazione simultanea di TPM × TQM e i parametri delle prestazioni operative.

- Somiglianze e differenze tra TQM e TPM:

La TQM è definita come un approccio per migliorare l'efficacia e la flessibilità dell'intera impresa. È un modo di organizzare e coinvolgere l'intera organizzazione, ogni dipartimento e ogni individuo (Oakland, 1988). Analogamente, il TPM, come definito da Nakajima (1988), è una metodologia di miglioramento, che consente un miglioramento continuo e rapido dei processi di produzione attraverso l'uso del coinvolgimento dei dipendenti, l'empowerment dei dipendenti e la misurazione a circuito chiuso dei risultati.

Entrambe sono considerate strategie di gestione globali, che sono costruite su una base comune di miglioramento continuo e coinvolgimento a livello di organizzazione, ma con diverse aree di interesse, ovvero rispettivamente qualità e manutenzione.

Il programma TPM ricorda da vicino il popolare programma Total Quality Management (TQM).

Molti degli strumenti come l'empowerment dei dipendenti, il benchmarking, la documentazione, ecc. utilizzati in TQM sono utilizzati per implementare e ottimizzare TPM.

Di seguito sono riportate le somiglianze tra i due:

1. In entrambi i programmi è richiesto un impegno totale per il programma da parte della direzione di livello superiore;
2. I dipendenti devono avere il potere di avviare azioni correttive;
3. Una prospettiva a lungo termine deve essere accettata poiché il TPM può richiedere un anno o più per essere implementato ed è un processo in corso. Devono anche

verificarsi cambiamenti nella mentalità dei dipendenti rispetto alle loro responsabilità lavorative.

TQM si rivolge principalmente al miglioramento del prodotto e alla soddisfazione del cliente, mentre TPM pone l'accento principalmente sul miglioramento di impianti, macchinari e attrezzature di produzione.

TPM e TQM rappresentano approcci alternativi per migliorare l'efficacia e l'efficienza della funzione operativa di un'organizzazione. È ormai comune per la maggior parte delle aziende manifatturiere adottare entrambi i metodi di miglioramento continuo e, pertanto, è importante comprendere l'effetto sinergico di TPM e TQM sul miglioramento delle prestazioni operative. Tuttavia, solo pochi studi hanno riunito i vari aspetti di TPM e TQM in un unico studio e testato i loro effetti unici e sinergici.

Prendendo in considerazione uno studio condotto dalla ricerca indiana sulla manifattura del luogo possiamo affermare che, negli ultimi decenni, il settore manifatturiero indiano ha mostrato straordinarie capacità di crescita e molte aziende manifatturiere multinazionali di piccole e medie dimensioni stanno lavorando per trasformare la loro base di produzione dalla tradizionale produzione "fordista" a basso costo e ad alta intensità di lavoro a un valore più elevato, flessibile e più produttivo.

L'importanza strategica della crescente accettabilità dell'implementazione simultanea dei metodi di produzione TPM e TQM nel settore manifatturiero ha motivato questo studio, che riguarda il loro ruolo nel ridefinire il campo di applicazione di due entità manifatturiere, "qualità" e "manutenzione", per ottenere un vantaggio competitivo.

L'obiettivo principale è valutare comparativamente il contributo di un'implementazione separata e simultanea di TPM e TQM sul miglioramento delle prestazioni operative.

Inoltre, si punta ad identificare la relazione tra una rispettiva implementazione di questi metodi di miglioramento continuo e le prestazioni operative.

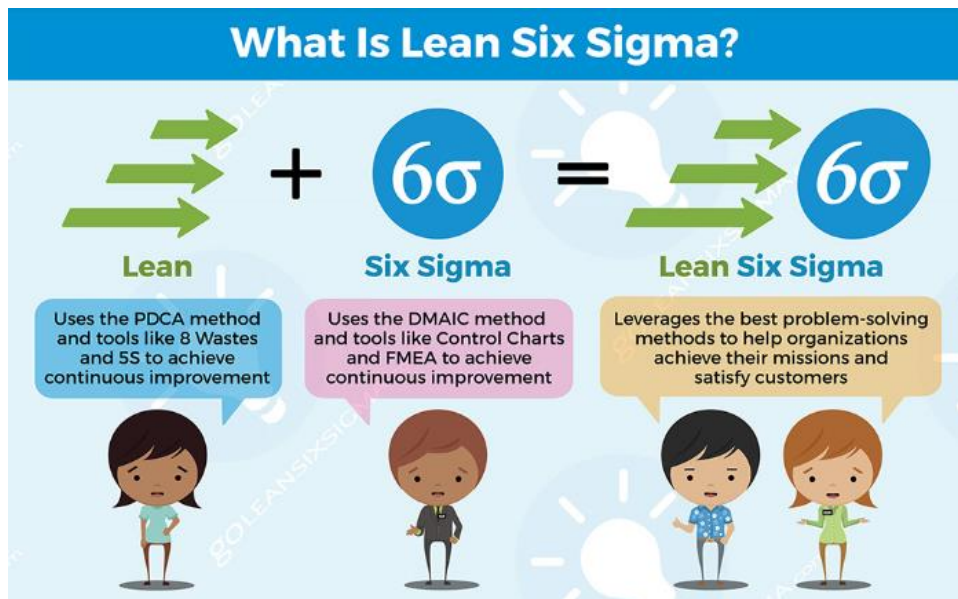
I risultati indicano che un'implementazione isolata di TPM o TQM può essere utile al fine di migliorare le prestazioni degli impianti dei produttori di prodotti e componenti tecnici. Tuttavia, i risultati finali suggeriscono che l'implementazione simultanea di pratiche TPM × TQM ha la più grande influenza sulle prestazioni operative, relativamente rispetto all'implementazione autonoma di TPM e TQM.

- Conclusione

Di fatto rivisitando i vari risultati dello studio preso in considerazione, il miglioramento dei parametri di prestazione delle operazioni apportati dagli approcci TPM × TQM combinati è relativamente superiore a quelli dell'approccio TPM e TQM separati.

Questo afferma fortemente che l'allineamento strategico tra pratiche di gestione della qualità e della manutenzione è fondamentale per le aziende manifatturiere al giorno d'oggi come contenuto strategico in termini di risorse e capacità per migliorare produttività produttiva, qualità del prodotto e consegna, con conseguente miglioramento dei profitti per i produttori.

### 4.3.3 TPM e Six Sigma



Sia Total Productive Maintenance (TPM) che Six Sigma sono strategie chiave dei processi aziendali che vengono utilizzate dalle aziende per migliorare le loro prestazioni di produzione. Un altro strumento di studio è la combinazione o approccio integrato tra TPM e Six Sigma; l'efficacia di questo approccio viene successivamente valutata evidenziando i benefici che l'organizzazione presa in esame ha ricevuto attraverso questo nuovo approccio misurando gli effetti dell'implementazione rispetto alle sette misure di qualità, costo e consegna (QCD).

- Six Sigma



Le procedure e i sistemi di manutenzione sono progettati in modo da rendere i macchinari più facili da utilizzare e ciò è possibile grazie alla riprogettazione e alle modifiche della macchina.

Per facilitare questo processo Six Sigma può essere considerato sia una strategia aziendale sia una scienza che ha l'obiettivo di ridurre i costi di produzione e di servizio e creare miglioramenti significativi nella soddisfazione del cliente e risparmi in termini di profitti attraverso la combinazione di metodologie statistiche e dei processi aziendali in un modello integrato di processo, prodotto e miglioramento del servizio.

Sebbene TPM e Six Sigma abbiano obiettivi simili, quelli di migliorare l'efficacia produttiva, il modo in cui queste strategie vengono implementate nelle aziende varia notevolmente. Tradizionalmente Six Sigma utilizza una metodologia DMAIC strutturata in cinque fasi. I team Six Sigma sono creati per affrontare problemi specifici per raggiungere Six Livelli di prestazione Sigma. D'altra parte, l'implementazione del TPM è considerata implementata in diversi modi.

Tuttavia quando si considera il TPM vale la pena notare che i principi di base della strategia TPM hanno legami molto stretti con l'approccio Six Sigma. In TPM l'obiettivo finale è raggiungere livelli di guasto significativamente ridotti attraverso lo sviluppo di team di manutenzione autonomi.

L'impiego quindi di un quadro operativo standard per l'implementazione di entrambi gli approcci è visto come un passo ovvio e necessario per le aziende per ottenere benefici simultanei dalle strategie TPM e Six Sigma. A tal fine, il processo DMAIC viene utilizzato in questo caso come principale approccio operativo per l'implementazione del TPM.

- Applicazione del processo DMAIC nell'implementazione del TPM in una società di fusione.

La Wall Colmonoy società ha sede nel Galles del Sud e produce i suoi prodotti in un mercato mondiale. Nel corso degli anni l'azienda ha registrato una crescente concorrenza dall'estremo oriente in cui i costi unitari del prodotto sono stati drasticamente ridotti. Ciò ha comportato importanti cambiamenti nelle operazioni dell'azienda e ha sollevato la necessità che l'azienda diventi più snella e più reattiva nei confronti dei clienti se vogliono rimanere concorrenti seri nel loro mercato.

Negli ultimi due anni l'azienda ha avviato un programma di produzione "snello". Come parte dell'approccio Lean, TPM e Six Sigma sono visti come strategie essenziali per il successo. Tuttavia, la società teme che l'implementazione separata di tali approcci significhi la necessità di risorse umane, finanziarie e tecniche su larga scala, nonché i problemi associati alla gestione di progetti concorrenti all'interno dell'azienda. La società richiede un quadro operativo semplice ma efficace che può essere utilizzato come approccio standard per l'adozione di entrambe le strategie dell'azienda. La società prevede che il "buy in" dei lavoratori sarà più semplice se verrà adottato un approccio operativo comune.

- DMAIC

La strategia Six Sigma si concentra su una semplice metodologia a cinque fasi chiamata DMAIC. DMAIC è l'acronimo dei principali passaggi della metodologia, ovvero Definisci, Misura, Analizza, Migliora, Controlla. Esso è stato deciso che il processo DMAIC avrebbe costituito la base di base per la strategia TPM e quindi l'approccio standard per l'adozione delle fasi principali del progetto TPM.



## 1) Definire:

È stato intrapreso un esercizio di benchmarking sulle principali linee di prodotti gestite dall'azienda. Le linee di prodotti sono state confrontate con i livelli di qualità "consegna puntuale" e "prima volta giusta". Dall'analisi dei principali processi all'interno dell'azienda, si è evidenziata l'area che richiede la massima attenzione.

La fase di definizione ha innescato lo sviluppo di un team TPM all'interno dell'azienda. Ciò ha comportato la formazione dei membri del team sui principi del TPM nonché l'implementazione di un programma 5S finalizzato a pilotare la pulizia e il lavoro di squadra in autonomia prima di intraprendere progetti TPM specifici e mirati nell'area di casting degli investimenti.

## 2) Misura:

È stata calcolata l'efficacia complessiva dell'apparecchiatura (OEE) su ciascuna delle macchine all'interno dell'area di riferimento. Inoltre, l'azienda ha misurato il rendimento delle parti (parti all'ora) attraverso la cella al fine di identificare se le inefficienze fossero dovute al macchinario o alle operazioni che circondavano il macchinario o entrambi. Di fatto un'ulteriore analisi della cella ha indicato che il processo che circondava la macchina era in errore piuttosto che la macchina stessa.

Un esercizio di mappatura del processo ha confermato che la macchina per la produzione di cera era la principale causa del basso rendimento cellulare e quindi questa macchina è diventata il fulcro del resto del progetto.

### 3) Analizza:

I risultati delle analisi hanno mostrato che la disponibilità della macchina era inferiore rispetto alle prestazioni e alla qualità. Ciò indicava chiaramente che i guasti alla macchina e i principali problemi di arresto erano il punto causale dello scarso valore OEE. E' stata quindi condotta da un team di ingegneri all'interno dell'azienda un'analisi dell'albero dei guasti (FTA) al fine di accertare le cause alla radice dei guasti ai macchinari ed elencare le vie di fallimento identificate dalla sessione di brainstorming. In seguito il team di ingegneri ha proceduto alla creazione di modalità di errore, effetti e analisi di criticità (FMECA) su ciascuna delle aree identificate dall' FTA. L'FMECA ha consentito all'azienda di identificare le potenziali cause di guasto, valutare i suoi effetti sulla macchina e sul processo e anche, e soprattutto, consentire l'identificazione di azioni correttive. Il team di ingegneri non ha seguito la normale convenzione FMECA in questa fase e ha deciso di utilizzare fogli FMECA individuali per ogni potenziale modalità di guasto. Il vantaggio che questo ha dato alla squadra è stato che ogni foglio poteva essere dato alle squadre di manutenzione a turno al fine di applicare l'azione correttiva specificata nei documenti.

### 4) Miglioramento:

Nell'azienda sono stati adottati tre livelli di TPM per migliorare l'affidabilità della macchina. Il livello 1 era l'introduzione di squadre di manutenzione autonome in officina. Questi team hanno applicato le pratiche di manutenzione di base, compresi i regimi di pulizia giornalieri regolari, nonché le attività di manutenzione sensoriale (odore, suono, vista, sensazione, ecc.). Tuttavia, prima di intraprendere questo livello, era essenziale che i principali macchinari e

attrezzature fossero completamente revisionati al fine di riportare i macchinari al loro livello originale di affidabilità. Questo è stato considerato di livello 2 nel sistema TPM e il lavoro svolto dal dipartimento di manutenzione. Il livello 3 ha coinvolto il dipartimento di ingegneria diventando più proattivo nello sviluppo di pratiche di manutenzione preventiva tra cui la modifica della macchina e strategie di miglioramento che consentono una manutenzione più semplice ecc. Il lavoro di livello 3 includeva anche il monitoraggio della manutenzione attività e concentrarsi principalmente sugli approcci per aumentare il tempo medio tra guasti (MTBF) in modo da ottenere una maggiore disponibilità della macchina. L'obiettivo qui è quello di estendere sistematicamente il tempo medio tra i guasti in modo che i macchinari possano rimanere produttivi più a lungo, fornendo così un maggiore ritorno sulle prestazioni della macchina.

#### 5) Controllo:

Il lavoro svolto dal TPM è stato misurato per la sua efficacia prima di essere implementato attraverso l'azienda. I programmi e i piani di manutenzione della macchina sono stati formalizzati e allegati a ciascuna macchina. Tutti gli operatori sono stati formati per eseguire i programmi di manutenzione e per segnalare eventuali problemi ai team di manutenzione. Come meccanismo di controllo, è responsabilità del dipartimento di manutenzione monitorare il lavoro degli operatori e correggere eventuali problemi sollevati dal personale dell'officina.

Il dipartimento di ingegneria a sua volta ha monitorato gli output del dipartimento di manutenzione al fine di identificare guasti ricorrenti e problemi che potrebbero essere riprogettati al fine di prevenire futuri guasti. Il team di

ingegneri ha fornito il supporto tecnico e finanziario al dipartimento di manutenzione al fine di facilitare le attività di manutenzione di alto livello intraprese nella fase di livello 2.

- Valutazione

I vantaggi ottenuti dall'implementazione del progetto TPM possono essere considerati idealistici quando si confrontano i grandi benefici ottenuti da un esborso finanziario iniziale relativamente piccolo. Tuttavia, i costi sostenuti per il controllo continuo delle variabili e dei fattori di input significano che i costi di monitoraggio possono essere grandi e maggiori del previsto. Questo a sua volta può influire sui veri risparmi ottenuti dal progetto. La questione dell'analisi e del controllo dei costi è una considerazione chiave e la sua corretta analisi e interpretazione sono fondamentali per fornire credibilità alla strategia TPM all'interno dell'azienda.

- Conclusioni

È stato condotto uno studio sul TPM al fine di migliorare le misure di qualità, costi e consegna dell'azienda. In tutte le misure, il progetto TPM ha ottenuto miglioramenti significativi. Questa applicazione relativamente semplice di TPM che utilizza una tecnica DMAIC strutturata dovrebbe consentire un maggiore utilizzo della metodologia per affrontare molti problemi di manutenzione. Allo stesso modo, i risultati possono anche fornire lo stimolo per una più ampia applicazione della tecnica per creare miglioramenti del processo a costi relativamente inferiori.

- L'applicazione dell'approccio TPM all'area della macchina per la Wall Colmonoy ha consentito risparmi in eccesso per un esborso iniziale piccolo.

- Lo sviluppo dell'approccio TPM ha sviluppato una cultura verso il miglioramento continuo e l'implementazione sistematica del sistema in tutta l'organizzazione.
- L'applicazione dell'approccio TPM ha permesso all'azienda di sviluppare tecniche avanzate di mappatura e analisi dei sistemi e di diventare generalmente più "tecnica" nel loro approccio alla risoluzione dei problemi.

Di fatto sono possibili vari studi di ricerca futuri, compresi studi longitudinali, empirici ed esami più dettagliati sulle relazioni tra i vari programmi (TPM, JIT, TQM, ...). Gli studi longitudinali potrebbero aiutare a esaminare i collegamenti causali tra le pratiche e studi più dettagliati, potrebbero individuare la natura esatta dell'interazione tra le varie pratiche in modo da riuscire ad aumentare le prestazioni di produzione delle aziende future in un mercato sempre più innovativo.

## 4.4 Conclusione

In questa tesi si è cercato di dimostrare che operare nella manutenzione non significa solo “riparare” ma anche studiare le cause tecniche e umane che portano ai guasti per prevenirli e tutte le azioni rivolte ad organizzare le risorse, per massimizzare l’efficacia e l’efficienza del servizio nell’ottica dell’ottimizzazione economica globale del sistema produttivo.

La manutenzione è una disciplina in continua evoluzione; ogni anno si propongono nuovi modelli organizzativi per restare all'avanguardia con un mercato in continuo mutamento e per rispettare nuove norme e leggi in ambito industriale.

Le aziende industriali in questi anni hanno sicuramente trascurato il loro Sistema Manutenzione, senza considerare che i risparmi in attività manutenzione degli impianti si traducono tutti, prima o poi, in maggiori perdite di produzioni e quindi maggiori costi.

Se vogliamo veramente ridurre i costi di produzione dobbiamo ritornare a ripensare le nostre politiche di manutenzione, sviluppando le attività di manutenzione autonoma, preventiva e migliorativa a scapito della ormai troppo frequente manutenzione a guasto.

Attraverso il TPM si è cercato di realizzare l'effettiva integrazione tra manutenzione e produzione. Grazie a semplici interventi preventivi di manutenzione, fatti dagli operatori stessi degli impianti, si possono prevenire l'insorgere di guasti e malfunzionamenti, nell'immediato si ottiene un ambiente di lavoro più pulito e più sicuro, nonché una riduzione delle micro - fermate.

Fondamentale e alla base di tutto risulta esserci il coinvolgimento di tutti gli operatori direttamente connessi con le procedure di manutenzione; il percorso spesso risulta essere lento ma dai risultati analizzati si va ad identificare un "miglioramento continuo" che va ad incrementarsi giorno per giorno.

Gli obiettivi prefissati sono spesso semplici e chiari:

- minimizzare il costo della manutenzione individuando la soluzione di minimo costo legata all'allocazione ottimale delle risorse;
- migliorare l'affidabilità, la disponibilità e la sicurezza degli impianti

- ottenere un forte strumento di supporto in termini di scheduling e reporting per l'attività di management.

L'implementazione del TPM porterà non solo ad un semplice ritorno economico ma porterà ad un totale cambio di mentalità, portando tutti i gli operatori in azienda ad una visione del guasto diversa da quella tradizionale e a lavorare in un ambiente di lavoro più rilassato e di conseguenza più efficiente che li incentivi a lavorare in maniera più attiva.

Fondamentale l'introduzione delle tecniche di Manutenzione Autonoma uno dei principali pilastri della TPM che ci permette di effettuare un'analisi approfondita delle maggiori cause di guasto all'interno dello stabilimento, sulla base della quale sviluppare dei piani di manutenzione autonoma. I piani di manutenzione rispondono alla duplice esigenza di ottenere una maggiore efficienza della manutenzione, sia in termini operativi che economici, ed una riduzione dei fermi macchina a causa di guasti, con conseguente incremento delle performance produttive.

Introdotte le tecniche dell'auto-manutenzione spesso si andranno a completare alcune attività senza le quali non è possibile ottimizzare la gestione della manutenzione all'interno dell'azienda.

Nell'immediato futuro sarà necessario:

- Consolidare e mantenere sotto controllo le nuove procedure della manutenzione autonoma.
- Rafforzare il coinvolgimento e la partecipazione del personale operativo alle attività TPM.
- Ottimizzare gli interventi di manutenzione autonoma previsti nella procedura, in base all'esperienza degli operatori stessi.
- Sviluppare il programma interattivo TPM, in modo da gestire al meglio le non conformità.

Inoltre nel medio - lungo termine per garantire i benefici che permettono all'azienda di consolidare la propria posizione competitiva all'interno dei mercati internazionali si dovranno:

- Verificare i risultati raggiunti col progetto TPM in termini di riduzione delle fermate e incremento degli indici di disponibilità e OEE delle linee.
- Diffondere i principi e gli strumenti del TPM all'interno di tutto lo stabilimento.
- Consolidare i risultati raggiunti ed intraprendere obiettivi tesi al miglioramento continuo ed alla completa realizzazione della Lean Production all'interno dell'azienda.



## Bibliografia:

- A Palomino-Valles et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 796 012008

**Titolo:** *TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector.*

- Saumyaranj Sahoo: Jaipuria Institute of Management, Bambala Institutional Area, Jaipur - 302033, India
- Sudhir Yadav: School of Petroleum Management, Pandit Deendayal Petroleum University, Raisan, Gandhinagar - 382007, India

**Titolo:** *Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturer*

*(17th Global Conference on Sustainable Manufacturing)*

- Nagaraj H. Kamath: Department of PME, MIT, Manipal, Karnataka, India 2016
- Lewlyn L.R. Rodrigues: Department of the H&M, MIT, Manipal, , Karnataka, India 2016

**Titolo:** *Simultaneous consideration of the TQM and TPM influence on production performance: A case study on multicolor offset machine using SD Model.*

- A.J. Thomas: Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, CF24 3AA, UK
- G.R. Jones: Wall Colmonoy, Pontardawe, Swansea, SA1 3DE
- P. Vidales: Ecole d'ingenieur CESI, France

**Titolo:** *An Integrated Approach to TPM and Six Sigma Development in the Castings Industry.*

*(Intelligent Production Machines and Systems D.T. Pham, E.E. Eldukhri and A.J. Soroka (eds) 9 2006 Cardiff University, Manufacturing Engineering Centre, Cardiff, UK. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.)*

- I.M. Ribeiro(a), R. Godina(b), C. Pimentel(a,b,c), F. J. G. Silva(d), J. C. O. Matias(a,c)

a) DEGEIT, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

b) UNIDEMI - Faculty of Science and Technology (FCT), Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516, Caparica, Portugal

c) GOVCOPP, DEGEIT, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

d) ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal

***Titulo:*** *Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line.*

*(29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland)*

- M. Suryaprakash, M. Gomathi Prabha, M. Yuvaraja, R.V. Rishi Revanth et al., Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm, Materials Today: Department of Mechanical Engineering, PSG College of Technology, Coimbatore 641004, India

***Titulo:*** *Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using TPM.*

- P. Ribeiro(a), J. C. Sá(a,b), L. P. Ferreira(a), F. J. G. Silva(a), M. T. Pereira(a), G. Santos(c)

- a) ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, Porto 4200-072, Portugal
- b) IPVC – School of Business Sciences, Polytechnic Institute of Viana do Castelo, Av. Pinto da Mota, Valença 4930-600, Portugal
- c) IPCA – School of Design, Polytechnique Institute of Cavado and Ave, Vila Frescaíña S. Martinho, Barcelos 4750-810, Portugal

***Titolo:*** *The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study.*

*(29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland.)*

Siti web:

[www.leanmanufacturing.it](http://www.leanmanufacturing.it)

[www.organizzazioneaziendale.net](http://www.organizzazioneaziendale.net)

[www.leanmanufacturing.it](http://www.leanmanufacturing.it)

[www.encob.net](http://www.encob.net)

[www.manutenzionet.com](http://www.manutenzionet.com)

[www.manutenzione-online.com](http://www.manutenzione-online.com)

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

[www.mitconsulting.it](http://www.mitconsulting.it)

# RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare di cuore in primo luogo la mia famiglia che in questi anni mi è stata sempre vicina, aiutandomi e sostenendomi in ogni situazione, investendo su di me e sul mio futuro.

Ringrazio la mia ragazza Francesca che mi ha accompagnato negli ultimi due anni della mia carriera universitaria incentivandomi sempre a migliorare e studiare, cosa che altrimenti non avrei mai fatto da solo, e sostenendomi nelle situazioni più dure.

Un grazie speciale va ai miei amici Simone, Ludovica (Dom) e Serena che mi hanno sempre accompagnato in questo viaggio, compagni non solo di banco ma anche di uscite e partite di carte ...un vero Team!

Sempre a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Ringrazio lo Strabone che per me è stata come una seconda famiglia, che mi ha permesso di sopravvivere ed ambientarmi al meglio il mio primo anno da universitario.

Infine ringrazio il professor Filippo Emanuele Ciarapica che è riuscito a dedicare del tempo prezioso alla preparazione della tesi nonostante i suoi numerosissimi ed importanti impegni in questo particolare periodo.