POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

Standardizzazione dei mezzi di produzione di Mista SpA con focus su ergonomia, sostenibilità e digitalizzazione

Relatore

Prof. Massimo Sorli

Candidato

Federico Spina

Anno accademico 2022/2023

Indice

Indice delle figure 5
Indice delle tabelle 7
1 Introduzione 9
2 World Class Manufacturing 10
2.1 Lean Production, ... 10
2.2 Total Productive Manteinance 12
2.3 Total Quality Management 13
2.4 Caratteristiche 17
3 I pilastri 18
3.1 Pilastri Tecnici 18
3.1.1 Safety 18
3.1.2 Cost deployment 20
3.1.3 Focused improvement 22
3.1.4 Autonomous maintenance and workplace organization 24
3.1.5 Professional maintenance 26
3.1.6 Quality control 27
3.1.7 Logistic/customer service 28
3.1.8 Early product/ equipment management 29
3.1.9 People development 31
3.1.10 Environment 32
3.2 Pilastri Manageriali 34
3.2.1 Management commitment 34
3.2.2 Clarity of objectives 34
3.2.3 Route map to wcm 35
3.2.4 Allocation of highly qualified people to model areas 36
3.2.5 Commitment of the organization 36
3.2.6 Competence of organization toward improvement 37
3.2.7 Time and budget 38
3.2.8 Level of detail 38
3.2.9 Level of expansion 39
3.2.10 Motivation of operators 39
3.3 I tool del WCM 41
3.3.1 5s 41
3.3.2 FMEA 42

3.3.3 SMED ... 43
3.3.4 Golden Zone ... 43
4 MISTA Spa e l'industria automotive ... 45
4.1 Storia e know how dell'azienda ... 45
4.2 Prodotti dell'azienda ... 45
4.3 I reparti dell'azienda ... 49
4.3.1 Reparto di trancia ... 49
4.3.2 Reparto di stampaggio e assemblaggio ... 50
4.4 L'Industria automobilistica ... 51
4.5 APQP, uno strumento necessario ... 53
4.6 PPAP ... 56
5 Mista Manufacturing Modules & Mista Process Box ... 59
5.1 L'idea di una linea modulare ... 60
5.2 Sviluppo del progetto ... 69
5.2.1 Stazione manuale ... 69
5.2.2 Stazione automatica ... 71
5.2.3 Assieme linea ... 72
5.2.4 MMM ... 74
5.2.5 Mista Process Box ... 78
5.2.6 MPB changeover trolley ... 81
6 Benefici ottenuti ... 82
6.1 Rapidità di preventivazione dei costi ... 82
6.1.1 Configuration ... 82
6.1.2 Processes selection ... 83
6.1.3 Cost summary ... 86
6.1.4 MMM auto, MMM semiautomatic, MMM manual ... 87
6.1.5 MPB base ... 88
6.1.6 MPB processes ... 89
6.2 Progettazione più rapida delle linee ... 90
6.3 Maggiore manutenibilità ... 91
Bibliografia ... 92
Ringraziamenti ... 93

Indice delle figure

Figura 2.1 Diagramma di Pareto 14
Figura 2.2 Carta di controllo 15
Figura 3.1 Pilastri del World Class Manufacturing 18
Figura 3.2 Schema del processo iterativo PDCA 23
Figura 3.3 Le fasi della Failure Mode and Effect Analysis 42
Figura 3.4 Le diverse aree della Golden Zone 44
Figura 4.1 Connettore per cintura di sicurezza 46
Figura 4.2 Porta lampada per automobili 46
Figura 4.3 Busbar per batterie di automobili elletriche 46
Figura 4.4 Tasti in plastica per comando finestrini elettrici 47
Figura 4.5 Tasto in plastica per plancia automobile 47
Figura 4.6 Selettore in plastica con inserti in metallo per elettrodomestici 47
Figura 4.7 Connettore per centralina di un'automobile 48
Figura 4.8 Vista del reparto di trancia in Mista 49
Figura 4.9 Vista dall'alto del reparto di stampaggio di Mista 50
Figura 4.10 Particolare di una pressa per stampaggio plastico all'interno del relativo reparto 50
Figura 4.11 Prodotto del reparto di produzione ottenuto per costampaggio 51
Figura 4.12 Schema organizzativo della supply chain dell'industria automobilistica 52
Figura 4.13 Grafico delle conseguenze di una rilevazione tardiva dei difetti all'interno della progettazione di un prodotto 54
Figura 4.14 Grafico delle conseguenxe di una rilevazione nei tempi ideali all'interno della progettazione di un prodotto 55
Figura 5.1 Schema di funzionamento della linea modulare 60
Figura 5.2 Business plan ipostizzato per il best case scenario 66
Figura 5.3 Business plan ipostizzato per il worst case scenario 67
Figura 5.4 Schema vista laterale di una stazione manuale 69
Figura 5.5 Schema vista dall'alto di una stazione manuale 70
Figura 5.6 Divisione delle zone di una stazione manuale 71
Figura 5.7 Schema della stazione automatica 71
Figura 5.8 Schema vista dall'alto dell'assieme di una linea 72
Figura 5.9 Schema vista di fronte dell'assieme di una linea 73

Figura 5.10 Vista dall'alto di una linea composta da due stazioni 74
Figura 5.11 Modello 3D della stazione MMM manuale..... 75
Figura 5.12 Modello 3D della stazione MMM semiautomatica 76
Figura 5.13 Modello 3D della stazione MMM automatica..... 77
Figura 5.14 Vista frontale dell'MPB 78
Figura 5.15 Vista dal retro dell'MPB 78
Figura 5.16 Vista ortogonale di un MPB con relative quote..... 79
Figura 5.17 Vista d'assieme di una linea di produzione composta da una stazione manuale e quattro stazioni automatiche con al loro interno le rispettive MPB 80
Figura 5.18 Trolley dedicato al trasporto di un'MPB..... 81
Figura 5.19 Particolare del sistema di sicurezza di carico e scarico di un MPB dal carrello . 81
Figura 6.1 Scheda "Process selection" del configuratore MMM 84
Figura 6.2 Configurazioni e bill of materials di una linea di produzione a tre stazioni nella configurazione in linea e ad anello..... 85
Figura 6.3 Lista dei prezzi di componenti accessori per l'automazione..... 86
Figura 6.4 Riassunto finale dei costi da sostenere per la messa in servizio della linea preventivata 86
Figura 6.5 Scheda deidcata alla bill of material di una stazione MMM automatica..... 88
Figura 6.6 Bill of materials di un MPB..... 89
Figura 6.7 Esempio di scheda di processo 90

Indice delle tabelle

Tabella 3.1 Step del pilastro Safety 19
Tabella 3.2 Step del pilastro Cost Deployment 22
Tabella 3.3 Step del pilastro Focused Improvement 24
Tabella 3.4 Step del pilastro Autonomous maintenance 24
Tabella 3.5 Step del pilastro Workplace organization 25
Tabella 3.6 Step del pilastro Professional maintenance 27
Tabella 3.7 Step del pilastro Quality control 28
Tabella 3.8 Step del pilastro Logistic and customer service 29
Tabella 3.9 Step del pilastro Early product/ equipment management 30
Tabella 3.10 Step del pilastro People development 32
Tabella 3.11 Step del pilastro Environment 33

1 Introduzione

Negli ultimi decenni, il settore manifatturiero delle parti per automobili si è trovato di fronte a una crescente pressione per cui risulta sempre più necessario migliorare l'efficienza operativa, aumentare la qualità dei prodotti e ridurre i costi. In un contesto del genere, molte aziende del settore hanno scelto di adottare l'approccio del World Class Manufacturing come strategia per ottenere un vantaggio competitivo sostenibile. Il WCM rappresenta un insieme di principi, metodologie e pratiche che mirano all'eliminazione degli sprechi, all'ottimizzazione dei processi produttivi e al miglioramento continuo della qualità.

La presente tesi si propone di esaminare il caso di Mista Spa che sotto la direzione dell'ingegnere Ghirardi, con cui ho avuto il piacere di collaborare, ha compreso le potenzialità di questa strategia gestionale e ha deciso di adottarla. L'obiettivo principale è quello di comprendere le ragioni che hanno spinto l'azienda ad adottare questa filosofia gestionale, cosa si è fatto per applicarla e infine di valutare gli impatti ottenuti.

Alla luce delle sfide e delle opportunità che il settore automotive affronta oggi, l'analisi di questo caso di studio per comprendere il ruolo del WCM come leva strategica per il successo aziendale.

2 World Class Manufacturing

La world class manufacturing è un sistema integrato e strutturato di gestione aziendale ideato negli anni 90 con l'obiettivo di migliorare le performance di un'azienda di rendendola competitiva a livello di qualità, costi, flessibilità, innovazione e tempi di consegna a livello globale indistintamente dalla propria dimensione o paese di origine.
Il termine World Class Manufacturing (WCM) fu coniato nel 1986 da Richard Schonberger per identificare il modello produttivo giapponese, ma fu presto sostituito dall'espressione "Lean Production".
All'inizio degli anni 2000 il termine fu ripreso dal professore giapponese Hajime Yamashina per indicare un nuovo modello di Operational Excellence da lui teorizzato negli USA, a cui erano stati applicati dei piccoli miglioramenti rispetto all'approccio tradizionale del Toyota Productive System.
Nasce dalla necessità di unire in unico grande strumento i tre approcci di ottimizzazione della produzione quali: lean production, total productive maintenance e total quality management.

2.1 Lean Production,

Nata in Giappone dal Toyota Production System, si prefigge come obiettivo quello di minimizzare gli sprechi lungo tutto il processo produttivo considerando come spreco tutte le spese che non creano valore per il cliente cercando di ottenere lo stesso valore di prodotto utilizzando il minor numero possibile di risorse.
Proprio la necessità di diminuire sforzo umano, spazio, capitale e tempo per la produzione sono stati i motivi per cui si può immaginare sia stata una necessità quasi forzata quella della nascita di questa filosofia di produzione in Giappone, un paese che durante il boom industriale del secondo dopoguerra a causa della mancanza di spazio data la sua conformazione territoriale, la scarsità di materie e di grandi somme di denaro, tutti fattori necessari alla costruzione di grossi stabilimenti con grandi spazi destinati all'immagazzinamento delle materie prime da lavorare e dei prodotti finiti, abbiano spinto all'adozione del sistema just in time successivamente evoluto in Lean Manufacturing.
Invece di adottare il solito paradigma, secondo cui il prezzo di vendita è uguale al profitto più i costi, l'idea di Taiichi Ohno, il suo ideatore, è stata quella di pensare il profitto come il prezzo di vendita meno i costi. Secondo questa regola, quindi, non è il prezzo di vendita che va modificato in base ai profitti desiderati bensì abbassare il costo di produzione per ottenerli.

Arrivati a tale conclusione è ovvio che per la filosofia Lean il miglior metodo per aumentare la profittabilità è ridurre i costi.

Secondo Taiichi Onho tali fonti di spreco possono essere individuate come:

- *sovrapproduzione*, produrre più di quello che è richiesto dal cliente o dal processo successivo
- *difetti*, ovvero i prodotti di scarto e difettosi che comportano lo spreco di materiale e lavoro
- *eccesso di attività*, cioè la realizzazione di tutte quelle attività che non aggiungono valore al prodotto realizzato
- *movimento*, gli spostamenti e le movimentazioni di materiale e attrezzature che lontane dal punto di utilizzo che comportano quindi un inutile allungamento dei tempi
- *scorta*, l'acquisto o la produzione di materiale o semilavorati in sovrabbondanza rispetto a ciò che effettivamente serve ai fini della produzione
- *attesa*, interpretabile anche come tempi morti, ovvero quei lassi di tempo in cui per motivi di non ottima gestione le materie prime e/o i semilavorati devono attendere prima di passare alla lavorazione o processo successivo
- *trasporto*, spostamento del materiale o dei pezzi senza necessità

Con l'eliminazione di questi sprechi i risultati attesi sono: un aumento della capacità produttiva, una riduzione dei tempi ciclo produttivo, delle scorte e del magazzino, del lavoro e della fatica, dei costi di produzione e degli sprechi.

La metodologia Lean fa propria la filosofia del Just in Time in cui la logica di produzione che si adotta è quella pull, ovvero produrre una certa quantità in base al fabbisogno del mercato e quindi approvvigionarsi di risorse e impostare i processi produttivi solo una volta sorto l'effettivo necessità del mercato del prodotto in questione in modo da realizzare il prodotto giusto nella quantità richiesta e nel momento in cui è richiesto, anziché quella push in cui la quantità di prodotto prevista nasce da previsioni su quello che sarà il fabbisogno del mercato. Il JiT è quindi una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie tese a migliorare il processo produttivo. Il processo di produzione deve quindi essere continuo e bilanciato e per tanto attraversato dalle unità in fase di realizzazione senza soluzione di continuità.

Da un punto di vista pratico il termine Lean può essere quindi definito come un sentiero verso il valore aggiunto, eliminando gli sprechi lungo tutto il flusso di valore, diminuendo la necessità di sforzo umano, spazio, capitale e tempo per la produzione. In questo modo le aziende sono in grado di rispondere alle necessità dei clienti con una maggiore varietà di prodotti senza tralasciare qualità, bassi costi e tempi rapidi di risposta al mercato.

2.2 Total Productive Manteinance

Mira al raggiungimento della massima efficienza aziendale migliorando le performance e la qualità degli impianti. Questa viene raggiunta attraverso una manutenzione mirata, in modo da minimizzare il più possibile i problemi produttivi legati al cattivo funzionamento dei macchinari e degli strumenti. Tale manutenzione viene impostata a criteri quali: importanza del macchinario all'interno del sistema, la sua età, le indicazioni del costruttore e l'attenzione sulle attività del personale quali operatori, manutentori e tecnici. Si basa sull'applicazione di 8 pilastri:

1. Autonomous Maintenance, gli operatori utilizzano i loro sensi per aiutare a identificare le cause delle perdite di performance
2. Focused Improvement, l'approccio scientifico alla risoluzione dei problemi al fine di eliminare la perdita di performance dello stabilimento.
3. Planned Maintenance, manutenzione pianificata eseguita da personale formato quali meccanici e ingegneri
4. Quality Maintenance, un approccio sceintifico e statistico volto all'identificazione dei difetti ed eliminare la cause scatenanti
5. Early/equipment management, approccio scientifico agli strumenti e la progettazione al fine di rendere più semplice una produzione priva di difetti.
6. Education and Training, necessità di un continuo miglioramento delle conoscenze di tutti I lavoratori.
7. Administrative & office TPM - Using TPM tools to improve all the support aspects of a manufacturing plant including production scheduling, materials management and information flow, As well as increasing moral of individuals and offering awards to well deserving employees for increasing their morals.
8. Safety Health Environmental conditions

2.3 Total Quality Management

La totale gestione totale della qualità ovvero tenere in considerazione la qualità in ogni suo aspetto cercando di produrre bene già dalla prima volta.
Questa metodologia, ideata in Giappone e diffusasi successivamente negli Stati Uniti a partire dagli anni '50, impone all'azienda che decide di adottarlo il mantenimento di uno standard qualitativo in ogni aspetto del suo lavoro, da qui il termine total quality.
Le caratteristiche principali sono:

- *Forte orientamento al cliente*, essendo la persona da soddisfare ogni decisione va presa in direzione del suo apprezzamento verso il prodotto ottenuto
- *Impegno di lungo periodo*, il miglioramento in atto è un processo che necessita molto tempo impegnando diversi aspetti dell'azienda
- *Una forte leadership della direzione*, che deve saper prendersi carico di questa mentalità portando la motivazione e gli strumenti necessari alla sua adozione da parte dei dipendenti.
- La responsabilità di stabilire e migliorare il sistema
- *Un miglioramento continuo delle performance,* a tutti i livelli in tutte le diverse aree dell'azienda.

L'adozione del TQM aiuta a focalizzarsi sulle esigenze del mercato e sulla soddisfazione percepita dal cliente piuttosto che sui meri dettagli tecnici. Inoltre, è un tipo di gestione che mira a focalizzarsi sull'intero processo di produzione del prodotto piuttosto che sui singoli passaggi necessari a produrlo, è quindi un tipo di visione che aiuta a vedere le cose nel loro insieme piuttosto che concentrarsi sui piccoli particolari.
Questo concetto è riscontrabile anche a livello empirico, spesso infatti ci si concentra sulle singole attività quando si è in cerca di un problema quando invece la maggior parte delle criticità emergono nelle interazioni tra le attività e nel loro orientamento verso gli obiettivi e le strategie comuni.

Alla base del controllo della qualità non può che esserci una costante misurazione degli output dei processi per avere una visione oggettiva e numerica dello sviluppo del processo ed è quindi necessaria una rigorosa raccolta dati per poter comprendere e misurare il fenomeno, per eventualmente valutarne un effetto migliorativo.

Gli strumenti più utilizzati per l'analisi della qualità di ciò che si produce sono:

- Analisi di Pareto

È una tecnica statistica a supporto di un processo decisionale in cui occorre individuare il sottoinsieme significativo di cause o azioni che produce la percentuale più elevata di effetti. Una larga classe di fenomeni tra cui quelli legati alla qualità obbediscono al principio di Pareto (o regola 80/20) secondo cui il 20% delle cause è responsabile dell'80% degli effetti. È facile intuire quindi che attuando delle soluzioni correttive su un solo quinto delle cause sarebbe possibile risolvere l'80% dei problemi che queste generano.
I dati vengono generalmente riportati su un diagramma (detto diagramma di Pareto) per renderli più facilmente interpretabili.

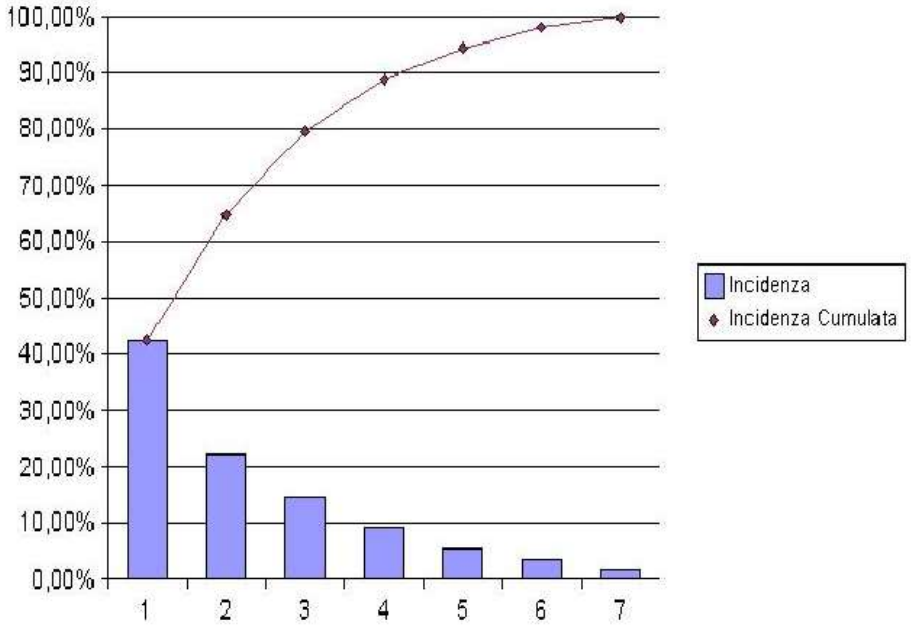


Figura 2.1 Diagramma di Pareto

Come si può vedere consiste in un diagramma a barre e un grafico a linea dove ogni fattore è rappresentato da barre poste in ordine decrescente per numerosità (come, per esempio, la tipologia di difetto) mentre la linea rappresenta invece una distribuzione cumulativa, ovvero la somma delle barre a mano a mano che si procede verso destra.

- Carte di controllo (control charts)

Sono uno strumento utilizzato per mantenere sotto controllo i diversi parametri che intervengono in un processo.
Si presenta come un grafico in cui vengono riportate le medie delle misurazioni fatte durante il processo di produzione. La linea centrale rappresenta ila valore attorno al quale le misurazioni di ciò che viene misurato dovrebbe trovarsi.

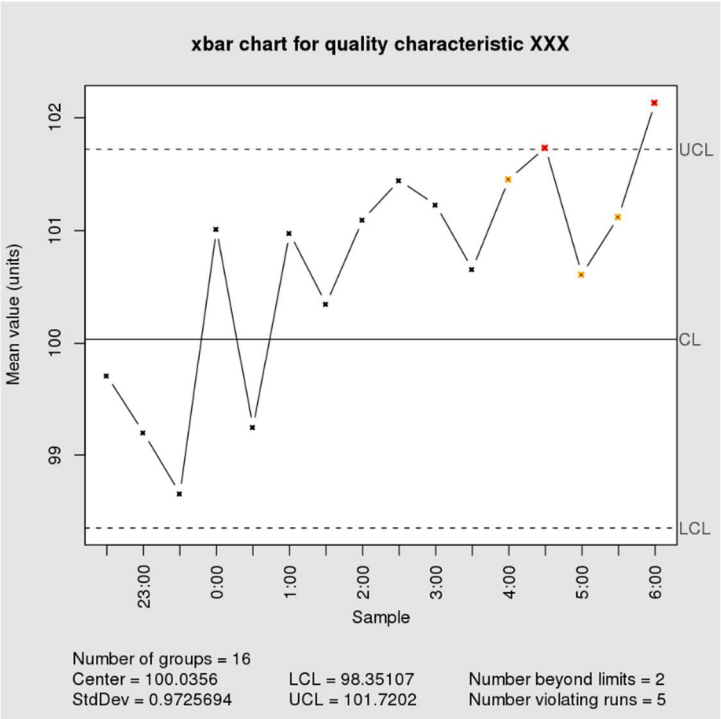


Figura 2.2 Carta di controllo

La variabilità delle misure che si verificano e dovuta a due tipi di fenomeni all'interno del processo di produzione:

- La variabilità naturale, che indica l'effetto cumulato di una gran numero di piccole cause inevitabili ed incontrollabili

- La variabilità sistematica, che indica invece le distorsioni all'interno del processo che posso essere state causate per esempio da macchine non regolari, materie prime che presentano dei difetti, errori umani. Sono quindi cause non casuali e sono riconducibili a fenomeni accertabili e specifici che in teoria dovrebbero essere controllabili.

L'obiettivo della carta di controllo è quindi quello di individuare l'eventuale presenza all'interno del processo di una variabilità sistematica, quella naturale risulta impossibile da eliminare ma risulta comunque di minore influenza per la produzione, che non permette al sistema di comportarsi come vorremmo.
Oltre alla linea centrale nel diagramma sono presenti altri due limiti, il limite inferiore e il limite superiore, e altre linee di valore multiplo della deviazione standard
Osservando le misure ottenute si determina se il processo è in controllo o fuori controllo attraverso appositi criteri.

2.4 Caratteristiche

Questa metodologia si prefigge l'obiettivo di un continuo miglioramento della qualità e della produttività, della riduzione dei guasti e alla soddisfazione dei clienti. Per un approccio efficiente tutto il personale deve essere coinvolto e riuscire ad utilizzare i mezzi e le competenze che il sistema WCM mette a disposizione.
Il management inoltre deve supportare la strategia prendendo in considerazione l'implementazione di nuove tecniche guardando ai processi all'interno dell'azienda con occhio critico e mantenendo una mentalità aperta ed elastica. È importante che tutti i manager riescano a definire obiettivi chiari per poter motivare e infine rendere possibile il successo del proprio team.
La metodologia WCM si avvale di regole cardine chiamate pilastri, 10 di tipo tecnico e 10 di tipo manageriale. Ognuno di questi è rappresentato da un team interfunzionale che lavora al perseguimento di determinati obiettivi di performance e attività. Per ogni pilastro viene seguito un percorso di implementazione composto da sette step, ognuno dei quali prevede specifiche attività, a loro volta classificati in tre fasi: fase reattiva, fase preventiva e fase proattiva.

Fase reattiva, caratterizzata dalla capacità di reagire ad un evento senza prevederlo anticipatamente. Chi se ne occupa quindi non ha il compito di prevedere ciò che succederà ma quello invece di saper reagire a come un determinato evento, una volta accaduto, impatta sul sistema aziendale.

Fase preventiva, è rappresentato dalla possibilità di prendere atto di eventuali problematiche, effettuandone uno studio, cercando di riuscire ad apportare soluzione e miglioramenti per eliminarle il prima possibile in modo tale da non renderle croniche e protrarle nel tempo, evitando perciò che si ripresentino in futuro.

Fase proattiva, questa fase invece prevede la riorganizzazione dal punto di vista tecnologico, delle metodologie e delle competenze allo scopo di far sì che il sistema impresa sia in grado di percepire anticipatamente le tendenze e i cambiamenti che avverranno in futuro in modo da poter programmare anticipatamente le azioni opportune.

3 I pilastri

Come precedentemente detto il WCM si basa sui cosiddetti 10 pilastri tecnici che vengono rappresentati graficamente come colonne e 10 pilastri manageriali raffigurati dai basamenti del tempio della WCM.

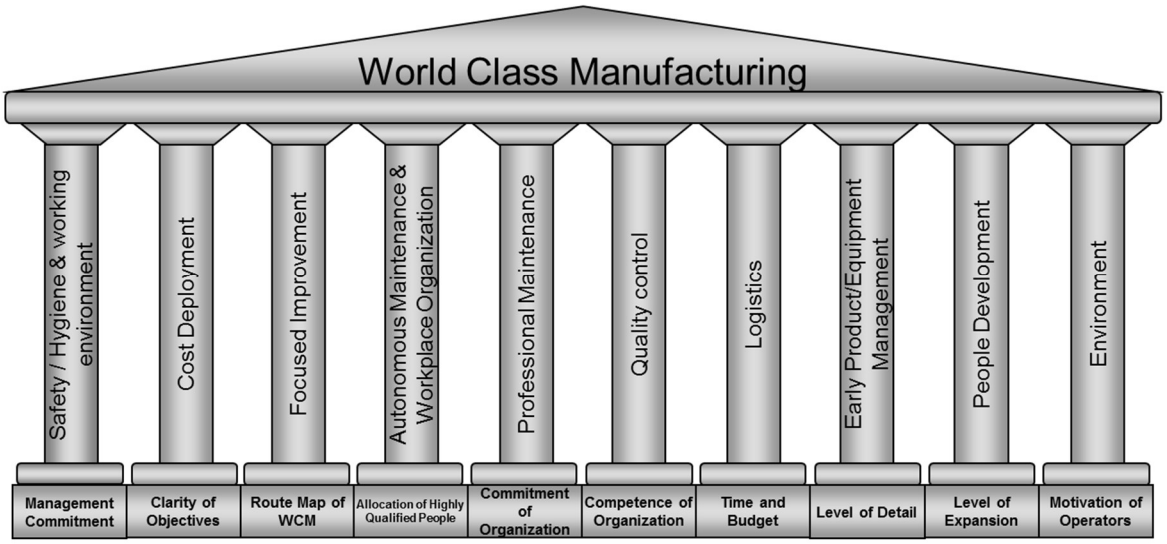


Figura 3.1 Pilastri del World Class Manufacturing

3.1 Pilastri Tecnici

3.1.1 Safety

sicurezza sul posto di lavoro.

L'obiettivo di questo pilastro è quello di soddisfare le esigenze del personale per quanto riguarda appunto la sicurezza sul posto del lavoro, garantendo a chi lavora nell'azienda la massima tranquillità possibile riguardo la propria salute eliminando tutto quello che potrebbe arrecare danno fisico attraverso l'avvenimento di incidenti o infortuni.

I suoi obiettivi sono quindi riassumibili come

- La riduzione drastica degli incidenti
- Lo sviluppo di una cultura della prevenzione degli incidenti
- Il continuo miglioramento dell'ergonomia sul posto di lavoro
- Lo sviluppo professionali di competenze specifiche

Oltre che da un punto di vista etico evitare l'accadimento di incidenti sul lavoro e quindi prendere le misure necessarie a fare ciò gode il sistema giuridico italiano gode di un'ampia legislazione in merito (Testo unico sulla sicurezza sul lavoro).

Le principali attività che prevede il safety pillar sono:

- analisi degli eventi
- identificazione e valutazione dei rischi
- audit interni
- miglioramenti tecnici sulle macchine e sul posto di lavoro
- formazione, addestramento e controllo

Inoltre, tutti gli appartenenti all'organizzazione dovranno essere coinvolti in un processo di sensibilizzazione crescente sugli aspetti normativi, economici ed etici.
Per questo pilastro sono previsti i precedentemente citati 7 Step, preceduti dallo Step 0 (attività preliminari) così come riportato in tabella.

Step	Attività
0	Attività preliminari che consentono di stabilire le linee guida, le informazioni di partenza e le priorità di intervento
1	Analisi degli infortuni e delle relative cause
2	Contromisure ed estensione nelle aree simili
3	Standard iniziali di sicurezza con la lista di tutti i problemi
4	Ispezione generale per la sicurezza con addestramento e formazione del personale
5	Ispezione autonoma adottando contromisure preventive contro i potenziali problemi
6	Definizione Standard autonomi di sicurezza con Ispezione complessiva del livello di sicurezza
7	Implementazione del sistema di gestione della sicurezza

Tabella 3.1 Step del pilastro Safety

Abbiamo la fase reattiva, che comprende lo Step 1, in cui si vanno a studiare gli infortuni e le cause che li hanno originati, la fase preventiva, che comprende gli Step dal 2 al 5, in cui si studiano opportune contromisure per evitare il ripresentarsi di nuovi infortuni e l'opportuna formazione del personale per evitare comportamenti che possano condurre a questi e la fase proattiva, che comprende gli Step 6 e 7, caratterizzata dalla definizione degli standard di sicurezza e relativa implementazione.

3.1.2 Cost deployment

distribuzione dei costi.

Questo pilastro è un metodo che consente al management di combattere in modo scientifico e sistematico le cause più rilevanti di spreco di risorse e di:

- Individuare le relazioni tra i fattori di costo, processi che generano i costi e i vari tipi di sprechi e perdite
- Trovare le relazioni tra sprechi e perdite e intervenire per attuare delle loro riduzioni
- Classificare i progetti sulla base di un'analisi costo/benefici
- Generare risparmi

L'uso del cost deployment fa uso di matrici che permettono appunto l'individuazione di tutti quegli sprechi che non dovrebbero esserci. Nell'ordine abbiamo le matrici:

- *Matrice A*, serve a localizzare le perdite all'interno dei processi mettendo in relazioni tutti i processi con le possibili tipologie di perdita. Aiuta a comprendere esattamente dove sia la perdita e a determinare l'impatto economico che questa produce all'interno dello stabilimento. I tipi di impatto che si possono avere sono: nessuno, minimo, importante, molto importante. Integrando questa matrice con la valorizzazione degli impatti è possibile ricavare una stima generale delle perdite critiche all'interno dei processi a loro volta critici

- *Matrice B*, suddivide le perdite in causali e risultanti evidenziando la relazione vigente tra le due per ogni processo. Le prime sono derivanti da un problema all'interno del processo o dell'impianto mentre le seconde sono la conseguenza di una perdita causale.

- *Matrice C*, mette in luce i costi derivanti dalle perdite causali nei processi cioè quelle che comportano maggiori costi.

- *Matrice D*, serve a scegliere come affrontare le perdite prioritarie, ovvero quelle a maggior costo, attribuendogli delle priorità. Prevede due approcci: miglioramento focalizzato e miglioramento sistematico. Il primo è orientato alla soluzione di problemi specifici ed identificabili concentrandosi su un unico problema ottenendo risultati in tempi brevi (pilastro del focused improvement). Il secondo invece è orientato alle risoluzioni di problematiche generali e non identificabili, richiede più tempo ma è una risoluzione più radicata ed ha un impatto maggiore sul sistema generale prevenendo inoltre il verificarsi di altre perdite. Per identificare "l'attaccabilità" del problema è utile usare l'indice ICE, un indice che varia tra 1 e 125 ed è esprimibile come ICE = I x C x E dove:
    - Impatto I, esprime qualitativamente con un valore tra 1 e 5 il valore della perdita economica individuata.
    - Costo C, esprime qualitativamente con un valore tra 1 e 5 il costo economico necessario all'attuazione della risoluzione del problema.
    - Facilità E, esprime qualitativamente con un valore tra 1 e 5 il livello di facilità nell'affrontare la perdita (tempi e risorse).

- *Matrice E*, valuta i costi/benefici dei progetti di miglioramento scelti. Dopo aver individuato i metodi più adeguati a ridurre le perdite occorre fare un bilancio economico tra il costo del miglioramento del nuovo metodo e il beneficio che deriva dalla riduzione della perdita.

- *Matrice F*, dopo aver avviato i progetti di miglioramento, attraverso questa matrice è possibile effettuare il monitoraggio e il follow up degli stessi redigendo il Piano di miglioramento e gestendone gli avanzamenti.

- *Matrice G*, costituisce il legame tra progetti e budget per verificare se il piano è migliorabile, quindi consiste nel mettere in relazione i risparmi realizzati rispetto al budget dello stabilimento e di effettuare lo stesso budget per l'anno seguente. Questa

matrice viene quindi utilizzata per garantire l'esistenza di un piano per raggiungere l'obiettivo di produttività per l'anno successivo.

Di seguito i 7 step del pilastro:

Step	Attività
1	Quantificare i costi totali di trasformazione e assegnazione obiettivi di riduzione costi
2	Identificare qualitativamente perdite e sprechi e quantificare le perdite e gli sprechi in base alle misurazioni precedentemente effettuate MATRICE A
3	Separare le perdite causali da quelle risultanti MATRICE B
4	Calcolare i costi di perdite e sprechi MATRICE C
5	Individuare i metodi per il recupero di perdite e sprechi MATRICE D
6	Valutare i costi del miglioramento e la riduzione relativa di perdite e sprechi MATRICE E
7	Stabilire ed implementare il piano di miglioramento e Follow

Tabella 3.2 Step del pilastro Cost Deployment

3.1.3 Focused improvement

miglioramento focalizzato.

Serve a ridurre le grandi perdite presenti nel sistema di produzione della fabbrica e conseguentemente a sviluppare competenze di know how nella risoluzione di problemi. Si prefigge l'obiettivo di:

- Migliorare l'efficienza dell'impianto
- Ridurre i tempi di set-up
- Ridurre gli sprechi
- Crescita professionale e acquisizione del metodo
- Sviluppare un'attitudine indirizzata al miglioramento

Per poter valutare l'efficienza vengono quindi utilizzati degli indicatori di performance definiti KPI, key permormance indicator, e i KAI, key activity indicator.

KPI: Efficienza, Produttività, Qualità, Sicurezza, Risparmio atteso

KAI: Numeri di suggerimenti e kaizen, Numero di strumenti utilizzati, Creazione di knowledge (sapere), Definizione di fabbisogni formativi

Il focused improvement per far fronte alla risoluzione dei problemi utilizza come strumento il PDCA ovvero un metodo ricorsivo di pianificazione del lavoro diviso in quattro parti:

- Plan (pianificare), ovvero fissare gli obiettivi e i processi necessari al compimento di un determinato progetto o risultato desiderato.
- Do (fare), raggiungere gli obiettivi prefissati nel punto precedente.
- Check (controllare), in questa fase vengono osservati e valutati i dati e i risultati che ottenuti dalla Do.
- Act (azione), chiamato anche Adjust, è la fase in cui il processo viene migliorato. Viene ricontrollato quello che è stato fatto nelle fasi del Plan e Do cercando di agire eseguendo possibili miglioramenti del processo, cercando problemi quali non conformità ed inefficienza o comunque cercando tutti quei fattori che non rendono ottimale il processo. Tutto ciò per non inciampare negli stessi problemi identificati nella successiva fase Do, se ciò succede è evidente che l'analisi non è stata eseguita adeguatamente.

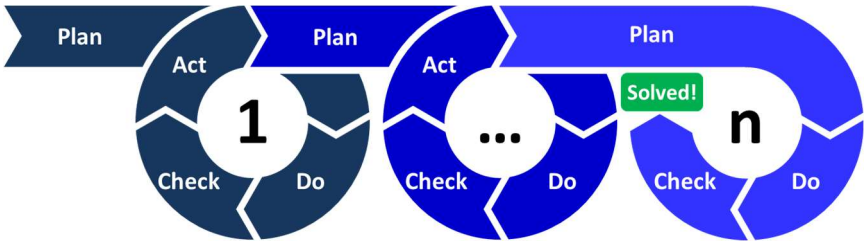


Figura 3.2 Schema del processo iterativo PDCA

Step	Attività
1	Definizione delle aree importanti
2	Stratificazione delle perdite
3	Selezione tematica da affrontare
4	Selezionare dei membri del team
5	Sviluppo del progetto usando lo strumento appropriato del Kaizen

6	Analisi Costi / Benefici
7	Follow-up ed espansione orizzontale

Tabella 3.3 Step del pilastro Focused Improvement

3.1.4 Autonomous maintenance and workplace organization

manutenzione autonoma e organizzazione del posto di lavoro.

Con autonomous maintenance si intende l'insieme di tutte quelle attività svolte in modo indipendente che un operatore di macchina può eseguire al fine di minimizzare i fermo macchina e avendo come obiettivo quello di annullare totalmente il presentarsi di fermi macchina dovuti ai guasti (breakdown). Tra queste attività si possono trovare: ispezioni, pulizia, controlli, sostituzioni, smontaggi e piccole riparazioni. Quindi tutto ciò che può essere svolto in maniera autonoma senza rivolgersi agli specialisti della manutenzione
Di seguito i 7 step della autonomous maintenance:

Step	Attività
0	Attività preliminari
1	Pulizia iniziale
2	Eliminazione delle fonti di sporco e delle aree di difficile accesso
3	Creazione e mantenimento degli standard di pulizia e lubrificazione
4	Ispezione generale
5	Ispezione autonoma
6	Miglioramento degli Standard
7	Programma di Manutenzione Autonoma totalmente implementato

Tabella 3.4 Step del pilastro Autonomous maintenance

Per workplace organization invece si intende quell'insieme di attività che permettono la creazione di un posto di lavoro più organizzato e minimale dove solo ciò che serve viene tenuto. Viene quindi applicato il principio del minimal material handling che appunto vuole minimizzare gli spostamenti di materiale e persone eliminando quelli non necessari. Si cerca quindi di ridurre tutte quelle attività che non producono valore aggiunto.

Le attività di un'azienda infatti posso essere classificate in tre categorie:

- **Valore aggiunto,** tutte quelle attività che una volta compiute aggiungono valore al prodotto e quindi banalmente consentono all'azienda di guadagnare (ad esempio l'assemblaggio oppure i processi di trasformazione).
- **Semi valore aggiunto,** sono tutte quelle attività che di per sé non aggiungono valore al prodotto ma sono indispensabili al conseguimento delle attività a valore aggiunto (per esempio il carico e scarico dei pezzi su una macchina, non aumenta il valore del pezzo ma senza non c'è pezzo sulla macchina da lavorare).
- **Non valore aggiunto,** quelle attività che non aggiungono valore al prodotto e non sono utili al suo conseguimento.

Strumenti che risultano utili alla organizzazione del posto di lavoro sono la One Point Lesson, ovvero un foglio illustrativo composto principalmente da immagini che serve a descrivere in maniera intuitiva lo svolgimento di un determinato compito, e la Standard Operating Procedure, una lista di passaggi da eseguire per il conseguimento di un task in modo che chiunque, anche a chi per la prima volta esegue il compito, sia chiaro quali sono i passaggi da effettuare azzerando il rischio di saltarne una.

Di seguito i 7 step:

Step	**Attività**
1	Eliminazione e prevenzione del degrado accelerato
2	Breakdown analysis
3	Definizione di Standard manutentivi
4	Contromisure sui punti deboli delle macchine e allungamento della vita media dei componenti
5	Costruzione di un sistema di Manutenzione Preventiva Ciclica
6	Costruzione di un sistema di Manutenzione Predittiva
7	Gestione dei costi di manutenzione e costruzione di un sistema di Manutenzione Migliorativa

Tabella 3.5 Step del pilastro Workplace organization

3.1.5 Professional maintenance

manutenzione professionale.

Si prefigge l'obiettivo di affrontare la manutenzione dell'impianto in modo mirato e attraverso strumenti matematici avanzati cercando attraverso l'utilizzo di tecniche predittive l'insorgere di breakdown. Si cerca quindi massimizzare l'affidabilità e la disponibilità delle macchine e delle linee produttive cercando, di eliminare gli interventi di manutenzione straordinaria che risultano costosi e comportano tempi di fermo macchina anche lunghi e di raggiungere il verificarsi di zero breakdowns.
Tra i tipi di manutenzione che si possono adottare vi sono:

- Manutenzione a guasti, prevede l'intervento di manutenzione una volta che il guasto è avvenuto. Viene scelto quando il costo della manutenzione preventiva è maggiore a quello che comporta il tempo di fermo macchina necessario alla sostituzione del pezzo guasto della macchina. Comporta la necessità di avere pronti i pezzi di ricambio necessari, l'imprevedibilità dell'evento determina però conseguenze sulla programmazione della produzione che andrà necessariamente slittata del tempo necessario alla riparazione e problemi anche per quanto riguarda la sicurezza.

- Manutenzione periodica, la manutenzione viene eseguita ogni preciso intervallo di tempo o di utilizzo della macchina. Risulta applicabile quando il costo della manutenzione risulta minore rispetto a quello che sorgerebbe se avvenisse invece una rottura. Si ha quindi una riduzione dei guasti e una gestione della manutenzione ben programmata tuttavia non si ha la certezza della vita residua del pezzo sostituito e quindi di quanto accora sarebbe potuto essere utilizzato.

- Manutenzione predittiva, si basa sul fatto che gran parte dei guasti non avviene all'improvviso ma prima di essi si presentino alcuni sintomi della macchina che preannunciano l'avvenimento della rottura. Uno o più parametri (come l'analisi tribologica dei lubrificanti, la misurazione delle vibrazioni o l'analisi acustica) della macchina vengono monitorati e attraverso l'utilizzo di strumenti matematici è possibile determinare la rimanente vita utile. Si tratta quindi di un metodo più deterministico rispetto alla manutenzione periodica che invece fa uso di strumenti

statistici per determinare la vita residua del macchinario. Risulta molto affidabile ma allo stesso tempo costosa in quanto richiede un investimento iniziale piuttosto ingente necessitando di strumenti di misura affidabili, di sistemi di calcolo avanzati e personale maggiormente qualificato.

Step	Attività
0	Attività preliminari di preparazione
1	Eliminazione del deterioramento forzato e prevenzione del deterioramento accelerato
2	Analisi guasto
3	Definizione di Standard manutentivi
4	Contromisure sui punti deboli delle macchine e allungamento della vita media dei componenti
5	Costruzione di un sistema di Manutenzione periodica
6	Costruzione di un sistema di Manutenzione Predittiva (trend management)
7	Gestione dei costi di manutenzione e costruzione di un sistema di Manutenzione Pianificata

Tabella 3.6 Step del pilastro Professional maintenance

3.1.6 Quality control

controllo della qualità.

L'obiettivo di questo pilastro è garantire l'eccellenza del proprio prodotto e quindi la fidelizzazione del cliente attraverso questa. Risulta quindi indispensabile eseguire tutte quelle azioni e operazioni per assicurarsi questo risultato.
Nonostante non sia un'attività a valore aggiunto assicurarsi un'alta qualità del proprio prodotto permette di eliminare tutte le perdite legate alla difettosità e non conformità che si manifestano in uno scarso controllo di qualità.
Gli obiettivi di questo pilastro possono essere definiti come:

- Definire le condizioni necessarie al raggiungimento dell'azzeramento dei difetti
- Definire gli standard per mantenere i miglioramenti attuati per migliorare la qualità

- Aumentare le competenze dei lavoratori per risolvere e prevenire i problemi di peggiore qualità

Step	Attività
1	Indagine sulle condizioni attuali
2	Ripristino e miglioramento degli standard operativi
3	Analisi dei fattori di perdita cronici
4	Riduzione e rimozione di tutte le cause di perdita cronica
5	Individuazione delle condizioni idonee per avere zero difetti
6	Mantenimento delle condizioni idonee per avere zero difetti
7	Miglioramento dei metodi di mantenimento delle condizioni per zero difetti

Tabella 3.7 Step del pilastro Quality control

3.1.7 Logistic/customer service

logistica/assistenza clienti.

L'obiettivo di questo pilastro è quello di sincronizzare il più possibile la produzione con la richiesta del cliente, sempre in ottica di produrre solo quello che serve e garantire alta qualità, bassi lead time (tempo intercorrente tra richiesta del cliente e consegna) e prezzi migliori a quest'ultimo.
Uno dei principali obiettivi è quello di ridurre la quantità di prodotti in magazzino in quanto comportano costi di gestione dovuti per esempio al volume dello stesso magazzino, ma ancora più cospicui possono essere invece i costi dovuti al rischio di immagazzinamento come per esempio obsolescenza del prodotto, oneri finanziari e irreversibilità dei processi che hanno portato le materie prime a diventare un pezzo finito. Si accetta dunque un rischio di shortage del magazzino proporzionale all'intenzione di riduzione dei costi di immagazzinamento. Tra i principali metodi di gestione si trovano il Just In Time, il FIFO, il Kanban e il pieno contro vuoto. Per ridurre il lead time occorre tenere conto dei seguenti passaggi:

- Analizzare in maniera accurata la domanda del cliente

- Cambiare il paradigma di produzione da make to stock (produrre per immagazzinare in attesa di ordini futuri e quindi anticipare la domanda del mercato) a make to order (ovvero partire con la produzione solo una volta effettuato l'ordine da parte del cliente)
- Avere un sistema di produzione flessibile
- Acquistare materiale solo quando serve
- Avere un'integrazione tra vendite, distribuzioni acquisti e produzione

Step	Attività
1	Ridisegnare le linee per soddisfare il cliente
2	Risistemare la logistica interna
3	Risistemare la logistica esterna
4	Livellare la produzione
5	Perfezionare la logistica interna ed esterna
6	Integrare rete di vendita, produzione e acquisti
7	Adottare una programmazione a sequenza

Tabella 3.8 Step del pilastro Logistic and customer service

3.1.8 Early product/ equipment management

gestione anticipate dei prodotti e delle attrezzature.

Per quanto riguarda l'early equipment management questo si propone l'obiettivo di rendere competitivo e migliorare continuamente l'impianto aggiornando le attrezzature usate facendo uso della stretta collaborazione di chi si occupa delle macchine, dai progettisti e fornitori fino ad arrivare agli operatori. Ogni qualvolta si progetta e utilizza un nuovo macchinario si devono considerare tutte le possibili applicazioni e problematiche che queste potranno avere in modo da anticipare ciò che potrebbe accadere.

Si desidera avere macchinari affidabili, che abbiano bisogna di meno tempo di messa a regime possibile e minor life cycle cost possibile. L'early product management punta agli stessi risultati ma dal punto di vista dei prodotti.

Step	Attività
1	Determinazione delle policies aziendali, Investigazione sull'efficienza degli investimenti, Pianificazione dell'attrezzatura/macchinario, Investigazione sui vari scenari
2	Stima dei costi degli impianti/Attrezzatura/Macchinario, Pianificazione/Tempificazione, Specifiche di base
3	Sviluppo di progetto mediante MP design, Equipment FMEA/Process FMEA, Pianificazione completa
4	Controllo intermedio del progetto, Verifica della pianificazione del budget, Verifica del rispetto scadenze, Verifica del rispetto delle Specifiche, Debug, Training manutenzione
5	Installazione dei macchinari, Verifica del posizionamento e del lay-out, Controllo dell'installazione, Installazione degli impianti ausiliari, Tubazioni e cablaggi, Istruzione e training degli operatori
6	Conferma delle caratteristiche del macchinario, Verifica delle capacità e performances, Identificazione degli inconvenienti in manutenzione e operazione, Affidabilità, Manutenibilità, Operabilità, Manutenzione Autonoma, Sicurezza
7	Initial flow control, Equipment capacity, Process capacity, Defective rate, Breakdowns, Frequent stoppages, Overall equipment efficiency

Tabella 3.9 Step del pilastro Early product/ equipment management

3.1.9 People development

sviluppo personale.

Al fine di portare a compimento gli obiettivi della WCM ciò che risulta più necessario è la competenza delle persone volte a conseguirlo, proprio da questo il pilastro dello sviluppo e formazione del personale aziendale risulta uno dei più importanti per poter conseguire le sue metodologie.
Risulta per tanto necessario capire se il proprio personale è formato adeguatamente per conseguire i risultati voluti e per mezzo di due strumenti quali il TWTTP e l'HERCA vengono valutate le conoscenze e competenze di questi.

- TWTTP (the way to teach people), è uno strumento utile a individuare quali sono state le cause di un errore. Gli errori possono verificarsi quando per esempio le operazioni sono irregolari e discontinue oppure dove sono facilmente confondibili alcuni componenti di una macchina simili tra loro. In generale gli errori umani possono essere categorizzati in:

    - Conoscenza
    - Competenze
    - Cattive abitudini dovute a esperienze pregresse
    - Distrazione
    - Fraintendimento, incomprensione

  Per questo risulta necessario svolgere una intervista a chi ha causato un errore ponendogli domande specifiche e nel caso risultino assenza di risposta o lacune a riguardo è necessaria un'adeguata formazione al fine di integrare nel suo bagaglio culturale tali risposte.

- HERCA, nel caso in cui le domande poste nel punto precedente vengano risposte correttamente, si procede all'ispezione di chi ha effettuato l'errore mentre esegue il lavoro per indagare sulle eventuali cause scatenanti di tale errore.

Step	Attività
1	Definire principi e priorità del sistema di formazione e training

2	Definire un sistema iniziale di formazione e training per sviluppare le competenze
3	Sviluppare un sistema per migliorare le competenze
4	Introdurre un sistema di training coerente per lo sviluppo delle competenze
5	Mettere a punto un sistema per lo sviluppo e crescita di strumenti e competenze più avanzati
6	Sviluppare competenze distintive e risorse eccezionali
7	Assesment continuo finalizzato alla prosperità dell'azienda e dell'individuo

Tabella 3.10 Step del pilastro People development

3.1.10 Environment

ambiente.

Questo pilastro si occupa di sviluppare e attuare la salvaguardia dell'ambiente. Nello specifico vanno migliorati i consumi energetici e eliminati gli elementi inquinanti al fine di garantire un basso impatto ambientale dell'azienda. Questo pilastro sta diventando sempre più importante all'interno delle aziende vista la tendenza a livello globale di una riduzione dell'emissione in atmosfera di gas ad effetto serra responsabili del generale innalzamento delle temperature a livello mondiale. Inoltre, l'approvvigionamento di energia elettrica attraverso sistemi di produzione rinnovabili permette alle aziende una maggiore indipendenza dalle situazioni geopolitiche globali, che possono causare anche grosse fluttuazioni del prezzo dell'energia, con conseguenti risparmi economici.

Step	**Attività**
1	Comprendere le regole sull'ambiente
2	Prevenire le contaminazioni
3	Preparare gli standard provvisori
4	Risparmio energetico e delle risorse, controllo delle sostanze chimiche
5	Fondare un sistema di gestione ambientale insieme ad un sistema di supporto

6	Creare un sistema per ridurre l'impatto ambientale
7	Utilizzare il sistema di gestione ambientale per creare uno stabilimento modello in ambito ambientale

Tabella 3.11 Step del pilastro Environment

3.2 Pilastri Manageriali

I pilastri manageriali hanno l'obiettivo di supportare i pilastri tecnici cercando di dare spazio a quelle voci come pianificazione, organizzazione, motivazione e leadership necessari al raggiungimento di questi ultimi.

3.2.1 Management commitment

Definibile come l'impegno da parte del management di porsi delle domande sullo stato delle attività in svolgimento per poter attuare quei cambiamenti necessari al miglioramento dei processi all'interno dell'azienda. Tra le varie attività si trovano:

- Trasformare gli obiettivi strategici in obiettivi operativi, cercando quindi di passare dalla teoria alla pratica e quindi passando dagli aspetti generali a piani specifici necessari alla guida del personale verso il raggiungimento degli obiettivi specifici.
- Delegare le attività, si delegano i poteri decisionali a livelli più bassi della piramide gerarchica cercando quindi di garantire coinvolgimento da parte del personale al raggiungimento degli obiettivi proposti
- Dirigere le riunioni trasversali, delle riunioni frequenti tra management e personale operativo permettono la condivisione di quello che si vuole raggiungere e lo stato attuale delle cose, permettendo alle due cose di non divergere con il passare del tempo e assicurarsi quindi che le attività giornaliere siano allineate con la strategia aziendale.

3.2.2 Clarity of objectives

Un punto fondamentale nel fissare degli obiettivi è che questi siano:

- Chiari, non ci deve essere possibilità di fraintendimento.
- Quantificati, devono sempre essere espressi in termini quantitativi e non qualitativi
- Diffusi a tutti, tutti gli interessati devono essere a conoscenza degli obiettivi da perseguire

Grazie all'attività svolta attraverso il pilastro del Cost Deployment si individuano le aree più critiche dal punto di vista delle perdite e successivamente si fissano gli obiettivi da raggiungere per azzerarle andando a determinare degli indicatori chiave di performance (KPI).
Una volta intrapreso il processo di miglioramento si inizia la fase di monitoraggio dove si analizzano costantemente i KPI raggiunti con quelli prefissati. I risultati devono essere condivisi con tutto il personale coinvolto e non solo con il management in modo che il frutto del proprio lavoro abbia un riscontro evidente così da migliorare il morale.

3.2.3 Route map to wcm

Lo scopo di questo pilastro è la condivisione dello stato di avanzamento verso il compimento della WCM a livello aziendale. Viene visualizzata sotto forma di mappa dello stabilimento illustrando la trasformazione dell'impianto nel breve, medio e lungo periodo permettendo di avere una visione del mutamento dell'impianto.
Questa Mappa viene realizzata tenendo presente due importanti fattori: le aspettative del cliente (la sua soddisfazione è un elemento centrale dell'intera metodologia che troviamo in vari campi) e la visione/missione dell'azienda (va a rispecchiare il modo di pensare e di agire dei suoi membri).
Dalla visione generale dello stabilimento si passa invece alla route map dei singoli pilastri. È importante tenere presente due aspetti:

- Sia i pilastri tecnici che quelli manageriali devono necessariamente dirigersi verso l'obiettivo percorrendo la stessa direzione.
- All'interno dei due campi devono essere presenti gli stessi modi di comportamento e di approccio.

Il primo punto sottolinea che i pilastri sia tecnici che manageriali devono obbligatoriamente muoversi nella medesima direzione in quanto il verificarsi di specifici presupposti in un determinato ambito mette in condizione di ottenere risultati anche nell'altro ambito.
Il secondo invece deriva direttamente dai rapporti esistenti tra i pilastri tecnici e manageriali.

3.2.4 Allocation of highly qualified people to model areas

Nel Sistema WCM come detto è fondamentale la formazione e l'addestramento del personale e la volontà di questo di voler aderire al programma. È importante quindi che agli operatori sia offerta la possibilità di poter acquisire le capacità richieste e necessarie creando quindi dei team in cui degli esperti del settore trasferiscano le proprie conoscenze. Il fine è quello di creare una sorta di struttura autogestita in modo tale che il personale sia in grado di asservire correttamente le attività e possa gestire quando è richiesto eventuali problemi.
Al leader del pilastro spetta il compito del continuo controllo delle performance e valutarne l'adeguamento con la route map. Le prestazioni del pilastro sono analizzate sotto tre aspetti:

- KPI, i risultati vengono misurati attraverso il conseguimento degli obiettivi prefissati.
- Metodi e strumenti, necessità di verificare che vengano usati gli strumenti e le tecniche più appropriati e nel modo corretto.
- Crescita delle persone, il responsabile del pilastro deve guidare la crescita del team e verificare i progressi per quanto riguarda le capacità acquisite.

3.2.5 Commitment of the organization

L'impegno della dirigenza non è abbastanza per creare un ambiente in grado di permettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Per raggiungere tali scopi è necessario che l'intera organizzazione sia interessata. Le attività di questo pilastro possono essere schematizzate nei seguenti punti:

- Le persone devono affrontare le tematiche e le problematiche inerenti l'attività svolta utilizzando le proprie risorse e i propri mezzi, cercando di mantenere un atteggiamento positivo.
- Si sviluppo numerosi progetti, di cui le persone conoscono le problematiche e il metodo, si fanno aiutare dall'organizzazione per la risoluzione.
- La stragrande maggioranza delle persone entra sempre più nello specifico nell'analisi delle problematiche e partecipa a numerosi progetti.
- I leader di pilastro, dopo aver raggiungo l'obiettivo, continuano a cercare altri metodi per migliorare e ottenere l'obiettivo zero optimum.

- Nella maggior parte dei casi le persone sono operative nelle attività del WCM e utilizzano metodi e strumenti nel modo giusto.
- Il processo di delega, dal management ai team di pilastro, si sta sviluppando velocemente in moda da avere risposte sempre più veloci.

3.2.6 Competence of organization toward improvement

Si è visto come l'obiettivo principale del World Class Manufacturing sia quello di eliminare sprechi e perdite e, se possibile, andare ad azzerarli. A tale scopo la metodologia si avvale di numerosi strumenti che, se applicati correttamente, portano alla risoluzione del problema eliminando le cause che lo hanno generato. Per problemi di facile risoluzione si utilizza lo strumento del Quick Kaizen, con un intervento mirato e veloce.
Mentre, per problemi più complessi, si possono essere utilizzati lo Standard Kaizen, il Major Kaizen e l'Advanced Kaizen a seconda della difficoltà che sorge nell'andare a risolvere il problema.
La procedura prevede di redigere un database che contiene le informazioni relative ad una certa problematica, informazioni che riguardano il metodo, i tempi, le responsabilità e i costi inerenti, per mettere a disposizione del problem solver tutto ciò di cui dovesse avere bisogno per inquadrare il problema.
Questi dati vengono quindi raccolti e schedati e vengono forniti i metodi per poterli interpretare nella maniera più opportuna evitando fraintendimenti. In altre parole, questo pilastro si occupa di fornire tutto il necessario per affrontare e risolvere un problema.

3.2.7 Time and budget

Questo pilastro si occupa della definizione del tempo richiesto per la definizione e la realizzazione di un progetto utilizzando specifici programmi e pianificazioni. Così facendo è possibile determinare quante e quali risorse sono necessarie al compimento di un progetto permettendo una fluida programmazione delle attività e risparmio di tempo per le attività successive.

Allo stesso modo è importante definire un budget per le attività in questione. Esso è espressione di tutte le risorse finanziarie a disposizione e rappresenta la fonte da cui attingere per coprire l'intera struttura composta dai costi.

Esso è strettamente legato al concetto di efficienza, definita come la capacità di raggiungere un obiettivo con il minor utilizzo possibile di risorse messe a disposizione dal Management. Ogni progetto viene definito sulla base di un certo budget, in cui devono rientrare gli sforzi economici da affrontare.

Tutto ciò è necessario a definire le attività del pilastro, in particolare per quanto riguarda la riduzione del lead time e dei tempi di risposta. È fondamentale avere un sistema reattivo e che abbia risorse economiche a sufficienza.

3.2.8 Level of detail

Dopo aver eliminato perdite e sprechi occorre analizzare i processi e le problematiche nello specifico poiché solo scavando a fondo alle perdite si può individuare le cause delle stesse.

Questo approccio, con azioni specifiche, fa sì che la perdita venga eliminata per sempre.

Raggiungere il massimo livello possibile di specificità porta a dei benefici che è possibile riassumere in:

- Conoscere ed indicare la radice di un problema;
- Eliminare i problemi più articolati;
- Chiarire un determinato fenomeno e definire la causa del problema;
- Giungere con il minimo sforzo al massimo beneficio, ottimizzando l'impiego delle risorse;
- Rimuovere il problema in modo che non si ripresenti più dopo avere identificato la causa radice e aver utilizzato i metodi e strumenti più idonei.

Questo approccio, puntando a obiettivi realistici e definitivi, rende l'azienda solida.

3.2.9 Level of expansion

L'obiettivo di questo pilastro è portare in tutte le aree dell'azienda i benefici ottenuti in una, principio in liea con il continuo miglioramento e la ricerca dell'eccellenza.
Tutto ciò ha inizio nel momento in cui il Cost Deployment va a stratificare le aree classificando le operazioni secondo una logica di priorità in base ai costi dalla classe AA alla classe C, passando per le classi A e B fino a comprendere tutto ciò che è presente nello stabilimento.
L'obiettivo più alto che può conseguire questo pilastro è quello di andare ad espandere anche all'esterno, quindi oltre che allo stabilimento e all'azienda in generale, anche ai fornitori interessati.

3.2.10 Motivation of operators

Affinché il WCM si sviluppi nel migliore dei modi occorre che vi sia un completo coinvolgimento degli operatori, in quanto comprendono maggiormente i processi produttivi e i problemi ad essi connessi. Sono gli operatori, quindi, che possono far conoscere i principali modi per risolvere i problemi e per le operazioni di miglioramento, per cui è indispensabile che il programma sia loro noto.
Le attività che gli operatori svolgono si basano sul lavoro in team, in modo che i progetti siano realizzati tutti insieme e che gli obiettivi prefissati siano sempre più stimolanti.
Per verificare lo stato di coinvolgimento si utilizzano tre fattori: il numero di suggerimenti, il numero di Quick Kaizen realizzati dagli operatori e il tasso di assenteismo. Al fine di raggiungere un elevato grado di coinvolgimento è necessario che il management mostri quanto gli operatori siano importanti all'interno dell'organizzazione per raggiungere l'eccellenza. Successivamente per far aumentare la motivazione e farli partecipare attivamente nel processo di sviluppo, occorre informarli degli obiettivi raggiunti e creare un sistema di riconoscimento degli stessi.
Come spiegato nel pilastro *Clarity of Objectives*, infatti, è importante che gli operatori vengano messi a conoscenza dello stato di avanzamento dei progetti, ciò può portare un duplice effetto:

• Nel caso in cui il progetto è in linea con le attese, deve essere reso noto in quanto: dimostra che si sta lavorando bene e la consapevolezza che il proprio operato porti dei benefici può creare un effetto incentivante, soprattutto per le attività future

• Quando invece ci siano delle differenze rispetto a ciò che ci si era prefissati, il coinvolgimento degli operatori è ancora più importante in quanto prima di mettere in pratica le azioni correttive, bisogna comprendere da cosa queste differenze provengono e gli operatori sono coloro che conoscono più specificatamente i processi produttivi e i problemi a questi connessi.

Un altro modo per sviluppare un grande motivazione negli operatori sta nella continua formazione, con lo scopo di ampliare la loro confidenza con i metodi e gli strumenti del processo di miglioramento in modo tale che li sappiano usare nel modo più adeguato.

3.3 I tool del WCM

In “prestito” dalla filosofia Lean il World class manufacturing fa uso di più strumenti per ottimizzare l’organizzazione delle attività necessarie alla persecuzione dell’eccellenza.

3.3.1 5s

È una tecnica utilizzata per raggiungere eccellenti risultati attraverso il miglioramento delle postazioni di lavoro in termini di ordine, organizzazione e pulizia. Le cinque s sono le iniziali delle 5 parole chiavi di questo approccio.

- **SEIRI** (separare)
  Consiste nell’ordinare tutti gli elementi di una postazione riducendo il numero di quelli non necessari ponendosi come obiettivo quello di ridurre il tempo perso cercando uno strumento necessario in un preciso momento, facilitando inoltre l’ispezione dell’area in questione evidenziando ciò che manca e rendendo più veloce il sopperimento di uno strumento mancante. Inoltre, aiuta ad aumentare lo spazio di lavoro e renderlo più sicuro eliminando gli intralci.
- **SEITON** (separare)
  Ovvero disporre gli strumenti di lavoro nella più comoda posizione possibile in modo da rendere il processo lavorativo il più fluido e semplice possibile. Un’ottima applicazione può il disporre gli strumenti più utilizzati il più vicino possibile alla propria postazione in modo dam ridurre i tempi di cambio utensile.
- **SEISO** (riordinare)
  Ovvero controllare e pulire periodicamente la postazione di lavoro, In questo modo si ha sempre una postazione pulita e ordinata che non in poca misura impatta oltre che sull’efficienza del lavoro anche sul morale.
- **SEIKETSU** (standardizzare)
  Si prefigge il compito di standardizzare i processi identificati precedentemente in modo da renderli facilmente ripetibile e quindi puntando a farli diventare un’abitudine.
- **SHITSUKE** (diffondere e migliorare)
  Definiti gli standard è fondamentale che essi vengano mantenuti nel tempo per evitare che ci sia un declino graduale verso i vecchi modi di operare. A tal fine risulta essenziale il coinvolgimento del maggior numero di persone nonché un sistema di *audit* periodici volti a verificare il rispetto di quanto stabilito.

3.3.2 FMEA

Acronimo di Failure Mode and Effect Analysis è il processo di studiare quante più parti, sottosistemi e assiemi possibili per identificare possibili modalità di rottura e malfunzionamento cercando inoltre di determinarne le cause e gli effetti. Può essere utilizzato per la revisione di funzionalità, progettazione e processo.

È uno strumento utile per aumentare l'affidabilità evidenziando le priorità di intervento sui singoli componenti.

È un approccio di tipo bottom-up in cui è richiesto il lavoro di tutte le persone coinvolte nel gruppo del progetto. Può essere utilizzata per tutti i prodotti che non sono riconducibili a prodotti già esistenti, a prodotti che esistono già che però hanno evidenziato ripetitivamente degli inconvenienti o a prodotti esistenti da migliorare per i quali è già stata fatta precedentemente una FMEA.

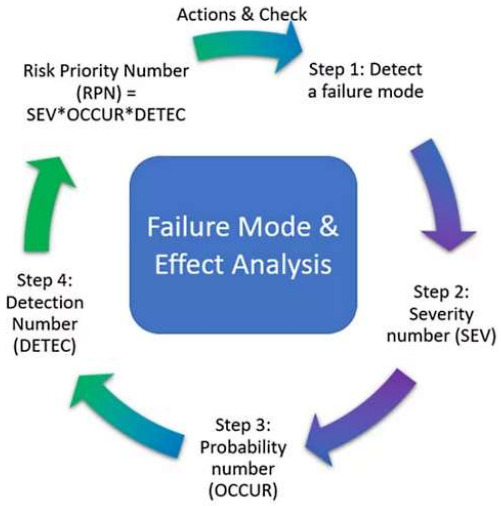


Figura 3.3 Le fasi della Failure Mode and Effect Analysis

Si divide in:

- *Iniziale*, il sistema viene suddiviso in elementi con la costruzione di un relativo diagramma della struttura funzionale del sistema. Viene definito ogni elemento e ne viene fatta una descrizione in base alla sua funzione e alle sue prestazioni.

- *Analisi qualitativa*, vengono individuati tutti i possibili modi di guasti associati al singolo elemento identificando le possibili cause del guasto con relativa descrizione dei sintomi associati ad un determinato modo di guasto e del suo effetto locale.
- *Analisi quantitative,* viene eseguita attraverso l'utilizzo di tre indici che possono assumere un valore compreso tra 1 e 10.

  Il primo è l'indice di probabilità che indica la frequenza (nota in presenza di dati sulla sua storia o semplicemente stimata) del guasto, il secondo è l'indice di severità che assume il valore 10 se coinvolge la sicurezza di persone. Mentre il terzo è l'indice di rilevabilità associato alla presenza o assenza di controlli o spie che indichino la presenza di un problema. Una volta indicati i tre valori vengono moltiplicati tra di loro per ottenere l'indice di priorità del rischio IPR (= IP*IC*IR)

3.3.3 SMED

È l'acronimo di single minute exchange of die ed è una metodologia della lean production volta alla riduzione dei tempi di setup delle attrezzature.
L'innovazione principale di questa metodologia risiede nella possibilità di ridurre fortemente i tempi impiegati per il setup scendendo addirittura a tempi chiamati 'single digit' ovvero a una singola cifra e per tanto minore ai 10 minuti.
Per rendere i tempi di setup così breve è necessario pensare a soluzioni come l'utilizzo di serraggi e agganci rapidi, avvicinare il più possibile gli strumenti necessari al cambio di attrezzatura, standardizzare gli agganci e avere sistemi di trasporto degli attrezzi rapidi.
Ridurre i tempi di setup rappresenta una condizione necessaria per il raggiungimento di maggiore flessibilità produttiva e di progressiva riduzione delle dimensioni dei lotti produttivi.

3.3.4 Golden Zone

Consiste nell'ingegnerizzazione della postazione di lavoro. Viene studiata per realizzare zone di lavoro che siano il più ergonomiche possibili e che assicurino la sicurezza del posto di lavoro. Così facendo si cerca di ottenere un miglioramento della qualità congiuntamente ad un aumento della produttività e a una diminuzione dello spazio non necessario allo svolgimento di un compito.
La zona di lavoro viene divisa in cinque punti:

- Punto AA, collocato sul banco di lavoro. In questa area tutti i componenti devono essere alimentati alla postazione di lavoro entro il campo di visione e all'altezza di lavoro.
- Punto A, tutti i componenti sono disposti in un'area tre volte più grande dell'area di lavoro e devono essere poter presi semplicemente allungando le braccia e potendo utilizzare entrambe le mani.
- Punto B, i componenti possono essere presi allungando le braccia anche al di sopra delle spalle e sono disposti in un'area che risulta essere sei volte più grande dell'area di lavoro
- Punto C, i componenti possono essere presi girandosi
- Punto D, i componenti possono essere presi camminando

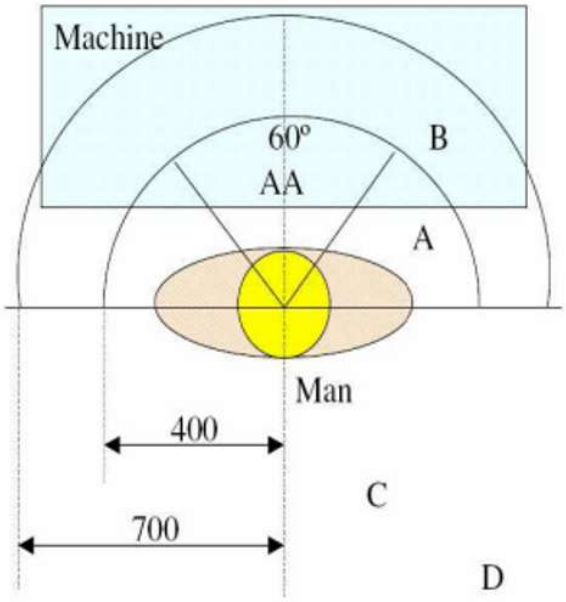


Figura 3.4 Le diverse aree della Golden Zone

4 MISTA Spa e l'industria automotive

4.1 Storia e know how dell'azienda

Mista Spa, situata a Cortiglione d'Asti, è un'azienda manifatturiera nata nel 1971, anno in cui inizia la sua attività con la produzione per Cavis, società dell'indotto Fiat.
Negli anni '80 e '90 Mista sviluppa e inizia la produzione di contatti elettrici tranciati con pastiglie di argento saldate o rivettate. Questi prodotti sono utilizzati in molti componenti per elettrodomestici: dai termostati per frigoriferi e boiler, ai pressostati, agli interruttori, alle valvole e pompe.
Con l'acquisizione di Fire nel 1982 Mista sviluppa la produzione di componenti elettromeccanici, inizialmente relè e successivamente interruttori e commutatori. Successivamente grazie all'acquisizione di Stars nel 2002 (il reparto presse iniezione termoplastici di una multinazionale) rafforza il settore dello stampaggio termoplastico e del co-stampaggio.
Oggi MISTA produce contatti elettrici, particolari tranciati e saldati, manufatti in termoplastico per i più importanti produttori di componentistica per l'auto, l'elettrodomestico, l'energia elettrica a bassa potenza. Tra i suoi clienti vanta aziende leader del mondo industriale come Valeo, Denso, Magneti Marelli e Johnson Electric nell'ambito automotive, Danfoss, AristonThermo e Riello nel settore del bianco e ABB, General Electric e Gewiss per quello elettrotecnico.

4.2 Prodotti dell'azienda

Attualmente la gamma di prodotti di cui si occupa l'azienda varia tra i più disparati applicativi:

- Prodotti classici legati al mondo dell'automotive come porta lampade e agganci per cinture di sicurezza

Figura 4.1 Connettore per cintura di sicurezza

Figura 4.2 Porta lampada per automobili

- Prodotti legati agli EV e auto ibride, un tipo di prodotto attualmente in espansione vista la tendenza del mercato ad accelerare la diffusione di questi mezzi. Tra questi prodotti spiccano in numero sempre più crescente le bus bar per le batterie dei motori elettrici.

Figura 4.3 Busbar per batterie di automobili elletriche

- Prodotti legati al controllo dell'automobile trovabili in un cruscotto come selettori e interruttori per la plancia, per il sistema di infotainment e per il sistema di condizionamento dell'aria.

Figura 4.4 Tasti in plastica per comando finestrini elettrici

Figura 4.5 Tasto in plastica per plancia automobile

- Prodotti per il settore bianco (elettrodomestici). Attualmente sono tra i prodotti con volumi di produzione decrescente a causa del passaggio dei sistemi di controllo di questi prodotti da elettromeccanico a elettronico.

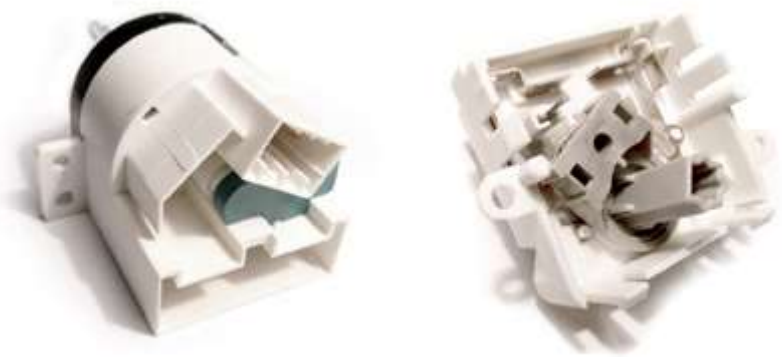


Figura 4.6 Selettore in plastica con inserti in metallo per elettrodomestici

- Diversi tipi di connettori personalizzati per le centraline elettriche delle automobili molti dei quali ottenuti tramite il processo di costampaggio.

Figura 4.7 Connettore per centralina di un'automobile

4.3 I reparti dell'azienda

All'interno dello stabilimento dell'azienda sono presenti due reparti produttivi principali:

4.3.1 Reparto di trancia

Figura 4.8 Vista del reparto di trancia in Mista

In questo reparto vengono lavorate le materie prima consistenti in lamiere di diverse dimensioni che attraverso il processo di stampaggio permettono di ottenere i più disparati tipi di tranciati metallici. Il processo legato alla tranciatura metallica di maggiore interesse è sicuramente quello

del progressive stamping die in cui una lamiera metallica subisce le lavorazioni necessarie, come punzonatura e piegatura, sul nastro passando per una serie di stazioni successive per poi essere separate nella stazione finale.

4.3.2 Reparto di stampaggio e assemblaggio

Figura 4.9 Vista dall'alto del reparto di stampaggio di Mista

Figura 4.10 Particolare di una pressa per stampaggio plastico all'interno del relativo reparto

In questo reparto viene effettuata la produzione di pezzi in plastica per mezzo di presse ad iniezioni di diverso tonnellaggio attraverso le quali si ottengono prodotti finiti composti completamente in plastica, costampati in plastica e metallo, ovvero pezzi ottenuti attraverso lo stampaggio su un tranciato metallico.

Figura 4.11 Prodotto del reparto di produzione ottenuto per costampaggio

Oltre allo stampaggio all'interno del reparto sono presenti diverse linee automatiche e manuali di assemblaggio dei prodotti che si occupano di effettuare le operazioni previste dopo lo stampaggio per poi continuare con i collaudi necessari al completamento del prodotto.

4.4 L'Industria automobilistica

Nata nella seconda metà del diciannovesimo secolo, in contemporanea agli altri paesi industrializzati, nascono le prime aziende produttrici di autovetture in Italia. Con lo sviluppo dei processi, l'organizzazione dei lavori (modello tayloriano nelle industrie Ford) e il conseguente abbattimento dei costi di produzione l'automobile riesce a diventare sempre più un bene di consumo di massa piuttosto che un bene di lusso destinato a pochi.
Con il progredire dei decenni e soprattutto dopo il boom economico del secondo dopoguerra l'automobile si afferma come un vero e proprio bene di prima necessità per le popolazioni occidentali e non solo, che ora possono spostarsi a distanze maggiori grazie all'ingente sviluppo di infrastrutture dedicate. Con la richiesta crescente di questo mezzo le aziende produttrici si sono dovute allineare ai bisogni del mercato sviluppando un sistema produttivo sempre più strutturato sviluppando la propria supply chain.

La supply chain dell'industria automobilistica si compone di fornitori di parti o componenti. Generalmente un'automobile è composta tra le quindicimila e le venticinquemila parti difficilmente gestibili a livello di produzione da una sola azienda.
Per questo motivo nel corso della sua storia l'industria automobilistica, come successo a gran parte delle industrie manifatturiere, si è sempre più verticalizzata fino a strutturarsi in un sistema tentacolare di tante aziende di ogni dimensione in cui tutte sono cliente e/o fornitrice all'interno di questo sistema produttivo

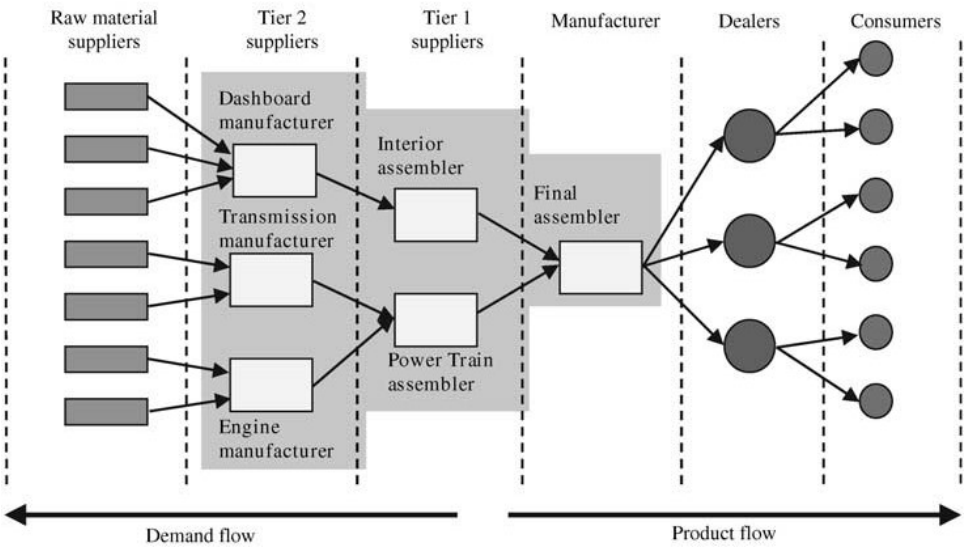


Figura 4.12 Schema organizzativo della supply chain dell'industria automobilistica

Queste aziende, tra le quali si insrisce Mista SpA, in base al livello in cui si collocano nella verticalizzazione della produzione di componenti sono individuabili in almeno tre categorie:

- *Tier One,* i fornitori di parti o componenti di primo livello, si collocano al di sotto delle aziende produttrici di veicoli
- *Tier Two,* produttrici di componenti che si collocano al di sotto del livello delle tier one a cui forniscono parti

4.5 APQP, uno strumento necessario

Non sorprende dunque se all'interno di una struttura organizzativa così complicata come quella della supply chain dell'industria automobilistica sia necessario un processo di standardizzazione dello sviluppo delle parti specialmente in un mercato in cui i fornitori possono essere addirittura in due continenti differenti e i volumi degli ordini molto elevati.
L'APQP (Advanced Product Quality Planning) è un approccio strutturato e standardizzato alla progettazione del prodotto e del processo che imposta dei requisiti sulla qualità necessari alla soddisfazione del cliente.
L'obiettivo principale è quello di rendere più facile la comunicazione e la collaborazione tra le persone che si occupano delle attività coinvolte nello sviluppo del prodotto quali il marketing, il product design, la produzione, la distribuzione e l'approvvigionamento.
L'APQP fa sì che sia chiara la richiesta del cliente traducendola in requisiti, specifiche tecniche e caratteristiche speciali.
Solitamente viene utilizzato per il supporto all'introduzione di un nuovo prodotto in cui si massimizza l'attenzione sul rischio di accadimento di una possibile avaria piuttosto che sul rischio in sé poiché essendo il prodotto in sviluppo non si ha una sua "storia di funzionamento", ma viene anche utilizzato per variazioni sul prodotto o sul suo processo.
L'APQP si compone di 5 sections più una fase preventiva denominata fase di pre-planning:

- *Section 0: Pre-Planning*, consiste in fare assunzioni e formulare concetti basati su esperienze passate, che spesso vengono categorizzate in modo da essere più facilmente reperibili. Tutte le informazioni sono dati di input per la fase 1
- *Section 1: Plan and Define*, questa fase collega le aspettative e le necessità del cliente al fabbisogno. Vengono stilati la pianificazione delle risorse e vengono fatte assunzioni sul processo e sul prodotto oltre ad essere stabilita una lista di caratteristiche speciali di progettazione e affidabilità
- *Section 2: Product Design and Development*, questa fase si occupa della progettazione e dello sviluppo. In una design review vengono analizzate la geometria, le design features, i dettagli, le tolleranze e la definizione di eventuali caratteristiche speciali. Sempre in questa fase vengono realizzati prototipi e vengono eseguiti dei test.

- *Section 3: Process Design and Development*, vengono esplorate le diverse tecniche di produzione e i metodi di misurazione che verranno utilizzate per trasformare il progetto da idea a realtà. Per rendere più intuitive e visibili le idee vengono spesso usati dei flowcharts di processo e dei control plan
- *Section 4: Product and Process Validation*, il principale obiettivo di questa fase sono la validazione della qualità di processo e il volume di prodotto realizzabile.
- *Section 5: Feedback Assessment and Corrective Action*, viene analizzato tutto quello che si impara da processo avviato per poter essere sempre pronti in caso di attività correttive, viene spesso utilizzato l'8d per la risoluzione dei problemi e la trascrizione di informazioni ritenute utili per eventuali usi futuri.

I vantaggi di questa tecnica possono essere riassunti in:

- Dirigere le risorse definendo quali sono i prodotti che hanno bisogno di interventi
- Promuovere un'identificazione anticipata di cosa c'è da cambiare evitando quindi cambiamenti di parametri più tardi nel tempo che potrebbero comportare l'insorgere di costi anche piuttosto elevati mitigando quindi i rischi
- Migliorare la collaborazione tra la progettazione del prodotto e del suo processo

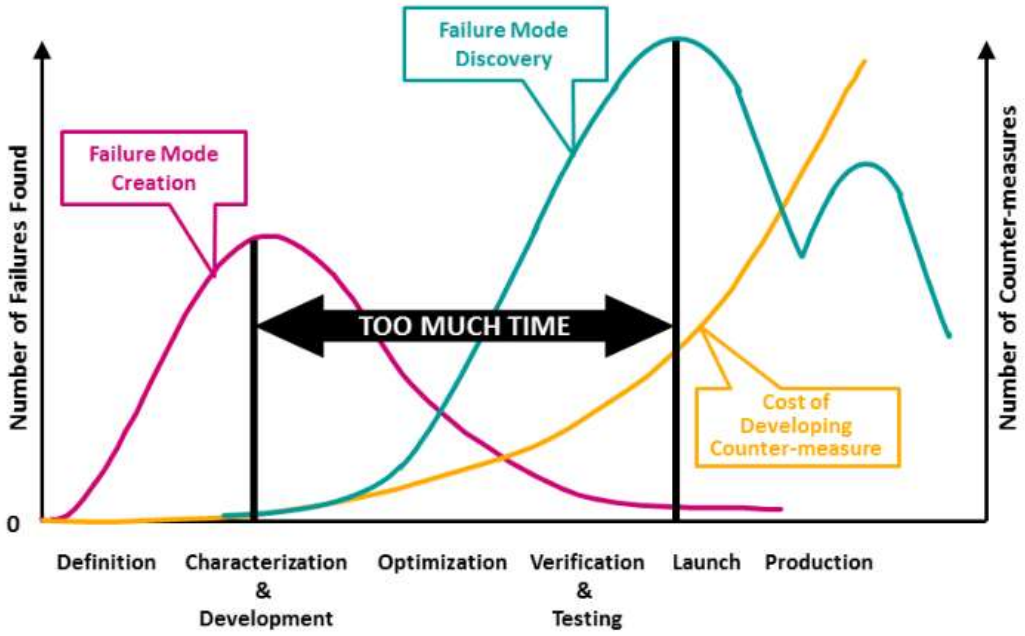


Figura 4.13 Grafico delle conseguenze di una rilevazione tardiva dei difetti all'interno della progettazione di un prodotto

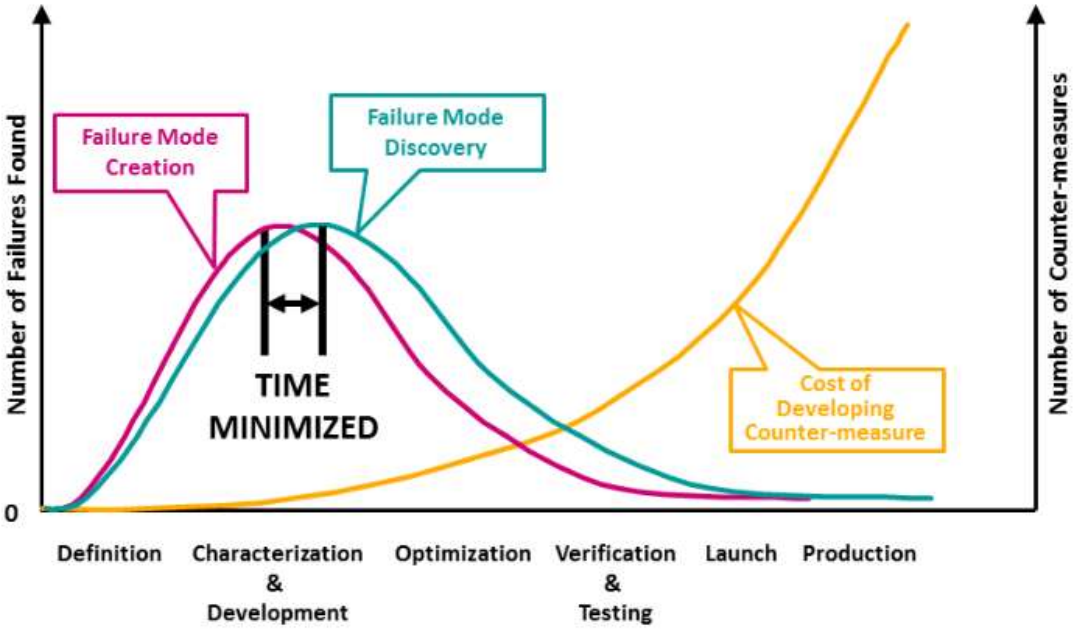


Figura 4.14 Grafico delle conseguenxe di una rilevazione nei tempi ideali all'interno della progettazione di un prodotto

Come si può vedere dai due grafici sopra il tempo che intercorre tra il momento in cui il failure mode si crea e quello in cui viene scoperto ha un impatto assai rilevante sui costi che risulta crescente al progredire dello sviluppo del prodotto fino ad arrivare al massimo durante la produzione in cui prendere delle contromisure sul prodotto finito ha costi elevatissimi poiché si dovrebbe ripercorrere gran parte del processo di progettazione.

4.6 PPAP

È l'acronimo di Production Part Approval Process ed è uno strumento utilizzato all'interno della supply chain dell'industria automobilistica per stabilire il livello di fiducia nei confronti dei processi di produzione, di parti rivisitate o nuove, del fornitore ideato dalla AIAG (Automotive Industry Action Group). Il suo scopo è quello di assicurare che il fornitore possa venire in contro alle necessità del cliente garantendo i requisiti di quest'ultimo in termini di producibilità e qualità, mostrare che tutti i requisiti del cliente sono stati compresi e raggiunti dal fornitore e infine dimostrare che tutti i processi di produzione presi in considerazione abbiano il potenziale per soddisfare continuamente tutti i requisiti durante la fase di produzione al ritmo di produzione stabilito.
Si compone di 18 elementi:

1. *Design Documentation*, deve includere una copia dei disegni del cliente e del fornitore oltre che una copia dell'ordine di acquisto. In alcuni casi al fornitore è richiesto anche una documentazione sulla composizione del materiale utilizzato. L'ingegnere progettista è responsabile della verifica che i due disegni corrispondano e che siano state identificate tutte le caratteristiche critiche.

2. *Authorized Engineering Change Note,* se il PPAP è riferito ad una modifica di un prodotto la documentazione che richiede e approva la modifica deve essere inclusa nel documento.

3. *Engineering Approval,* se richiesto il fornitore deve fornire la prova dell'approvazione da parte del reparto di ingegneria del cliente ???

4. *DFMEA,* è un approccio metodico all'anilisi dei modi e degli effetti dei guasti (Design Failure Mode and Effects Analysis) e permette l'identificazione di potenziali rischi che si possono presentare, sia in un prodotto nuovo che in uno rivisitato.

5. *Process Flow Diagram,* è un diagramma di flusso che delinea tutti gli step e le sequenze nel processo di produzione.

6. *PFMEA,* è una revisione di tutti i passaggi all'interno del processo produttivo atto a identificare i potenziali rischi che potrebbero intaccare la qualità del prodotto insieme ad una documentazione sui controlli applicati.

7. *Control Plan,* è l'ouput della PFMEA. Consiste in una lista di tutte le caratteristiche del prodotto e i metodi ispettivi necessari a produrre un prodotto di qualità conforme alle richieste del cliente.

8. *Measurement System Analysis Studies,* include il Gage Repeatability & Reproducibility, una metodologia usata per definire quanto variano fra loro i dati misurati a causa del sistema di misura utilizzato, di tutti gli strumenti usati durante le fasi di assemblaggio o dei controlli di qualità. Vengono incluse tutte le calibrazioni effettuate sugli strumenti utilizzati. Questo tipo di analisi è fondamentale per determinare che le misure effettuate non varino a causa dei diversi strumenti utilizzati nel processo di controllo e quindi garantire che le effettive differenze rinvenute nelle misure siano dovute al processo di produzione e non di misura.
9. *Dimensional Results,* è una lista di ogni dimensione degna di nota sui disegni. Mostra le caratteristiche, le specifiche e le misure del prodotto definendo se le dimensioni sono "ok" o "not ok".

10. *Record of Material / Performance Tests,* è un sommario di ogni test effettuato sul prodotto seguita da quanto questi sono stati effettuati, le specifiche, i risultati e una valutazione su ciò che è stato scartato e ciò che invece ha passato i test. In aggiunta può contenere tutte le certificazioni sui materiali usati.

11. *Initial Process Studies,* questa sezione mostra i grafici ottenuti dai controlli statistici di processo al fine di dimostrare che i processi ritenuti critici abbiano una variabilità stabile e che mostrino valori vicini a quello nominale.

12. *Qualified Laboratory Documentation,* deve essere allegata una copia di tutta la documentazione di certificazione dei laboratori che hanno effettuato le misure indicate nel punto 10

13. *Appearance Approval Report,* deve essere inclusa una copia del AAI (Appearance Approval Inspection) firmata dal cliente. È applicata a quei componenti che devono avere anche una funzione estetica.

14. *Sample Production Parts,* è il campionamento delle parti prodotte dal primo ciclo di produzione, i campioni devono essere spediti al cliente per l'approvazione.

15. *Master Sample,* è un campionamento dei prodotti finali e vengono ispezionati e firmati dal cliente in segno di approvazione. Vengono usati per insegnare agli operatori e rappresentano il benchmark per la comparazione con i futuri pezzi prodotti in caso di controllo qualità.

16. *Checking Aid,* quando sono usati strumenti speciali per il controllo delle parti in questa sezione vengono mostrate delle foto di questi e le misure di calibrazione oltre a un report dimensionale dello strumento.
17. *Customer Specific Requirements,* ogni cliente può avere richieste specifiche che ovviamente vanno incluse all'interno del PPAP.

18. *Part Submission Warrant,* è un riassunto di tutto il PPAP.

5 Mista Manufacturing Modules & Mista Process Box

In un mercato sempre più complesso e in continua mutazione come quello automobilistico nasce l'esigenza per ogni azienda di riuscire a reagire in tempi brevi a questi mutamenti.
La strategia operativa di Mista per affrontare tali problematiche è stata quella di sviluppare nuove linee di produzione secondo tre concetti principali:

- Flessibilità, necessaria a rispondere ai mutamenti del mercato di riferimento cercando di ridurre i tempi di inserimento dei nuovi prodotti all'interno del reparto produttivo

- Scalabilità, ovvero la possibilità di soddisfare la diversità dei possibili volumi di produzione che l'azienda affronta interfacciandosi con i propri clienti

- Modularità, per rendere rapida e facile la possibilità di configurare le proprie linee di produzione e poter quindi soddisfare le due esigenze precedenti, risultando quindi un concetto chiave all'interno di questo progetto.

Solitamente venivano impiegate tra i 10 e 12 mesi per passare dalla ricezione dell'ordine all'avere l'impianto funzionante. Con il progetto MMM ci si aspetta un dimezzamento dei tempi unito ad una facilità di formazione del personale che sarà destinato all'utilizzo delle linee e ad una maggiore facilità nelle operazioni di manutenzione grazie alla uniformità dei ricambi e alla progettazione effettuata a tale scopo.

5.1 L'idea di una linea modulare

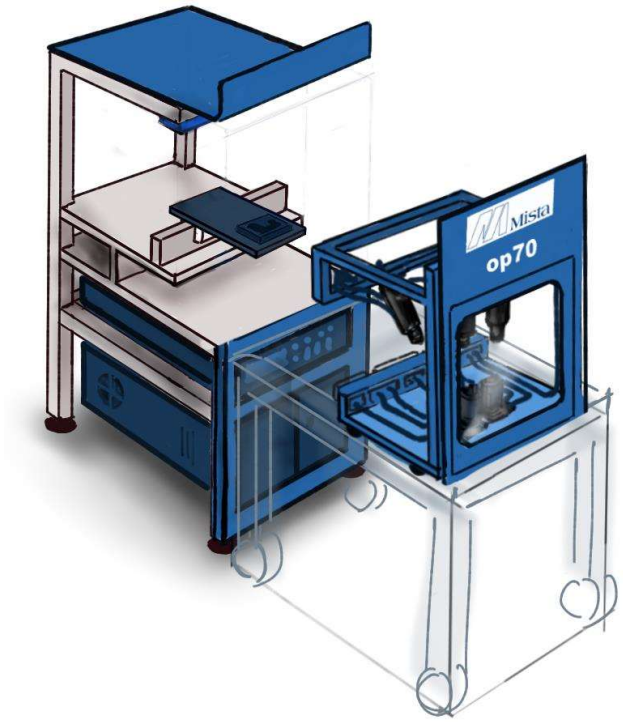


Figura 5.1 Schema di funzionamento della linea modulare

In precedenza, per ogni nuovo prodotto che veniva introdotto nel ciclo produttivo dell'azienda si presentava la necessità di progettare una nuova linea specifica per il prodotto in questione partendo ogni volta da zero e per tanto richiedendo un esiguo dispiegamento di risorse sia economiche che di tempo. Tuttavia, era evidente che tutte le linee presenti in Mista presentassero spesso processi comuni tra di loro.

La maggior parte delle linee, oltre a presentare una sezione in cui alcuni sottoprodotti vengono assemblati insieme per ottenere il prodotto finito sono per lo più destinate al collaudo di questo presentando processi concettualmente molto simili tra di loro.

Proprio da questa osservazione è nata l'idea di non progettare più le linee da zero, e cioè dalla loro struttura, per ogni nuovo prodotto ma di identificare tutto ciò che non cambia in una linea, e mantenerlo come standard. Riprogettando quindi per ogni prodotto solo il processo specifico per il prodotto in questione e non più quello che rimane uguale per ogni linea come per esempio la struttura, il sistema di movimentazione e gran parte del cablaggio.

Adottare una soluzione del genere renderebbe possibile all'azienda di avere una elevatissima flessibilità, cioè la capacità di variare il mix produttivo, degli impianti che è proprio una delle necessità di cui le aziende hanno sempre più bisogno, permettendole dunque di potersi adattare il meglio possibile alle richieste di un mercato sempre più determinato da volatilità, incertezza,

complessità e ambiguità che comporta non poca difficoltà a determinare a priori i volumi che si dovranno produrre e i tempi che si hanno a disposizione.
L'idea è stata quindi quella di rendere le linee di produzione modulari ovvero una linea in cui la parte destinata al processo specifico sia intercambiabile in accordo alla filosofia SMED.
Si è scelto di fare in modo di separare la parte condivisa, che quindi non varia tra le varie linee, denominata MMM (Mista Manufacturing Module), dalle parti specifiche denominate MPB (Mista Process Box), responsabili dell'esecuzione del processo.
Il primo passo con cui si è proceduto è stata l'analisi delle linee di produzione già operanti per individuare tutti i processi che vengono eseguiti all'interno dello stabilimento per la produzione e il collaudo di un prodotto, nonostante la diversa configurazione degli attuatori e della logica di funzionamento e di controllo, in modo da poter essere separati dalla parte comune a tutte le macchine (MMM)
I processi individuati sono stati i seguenti:

1. **Manual Assembly**, assemblaggio manuale
   È l'operazione di assemblaggio manuale e risulta necessario laddove si prevede l'assemblaggio di più componenti per comporre un prodotto.

2. **Manual loading/downloading**, carico e scarico manuale dei pezzi
   Laddove il carico e lo scarico dei pezzi risultino difficili da automatizzare ci si affida ad un'operazione di tipo manuale che prevede quindi la presenza costante di un operatore che effettui l'operazione.

3. **Robotized loading/downloading**, carico e scarico robotizzato dei pezzi
   Dove è possibile, e risulti utile, per esempio nel caso di grandi volumi e necessità tempi di produzione rapidi, viene prevista la presenza di asservimento robotizzato del carico e dello scarico dei pezzi relativamente all'ingresso e all'uscita delle linee. Oltre ad una riduzione dei costi quest'operazione risulta necessaria laddove lo spostamento dei prodotti risulti faticoso e troppo ripetitivo per gli operatori.

4. **Electric check**, controlli elettrici
   È tra i processi più diffusi essendo i prodotti applicati nell'ambito elettrico il principale prodotto dell'azienda.

I pezzi prodotto vengono sottoposti a due tipi di controllo elettrico:

- *Continuità*, verifica che le singole piste conducano corrente e che presentino cadute di potenziale molto piccole tra i capi in modo che sia garantito il massimo passaggio di corrente e la minima caduta di potenziale ammissibile.
- *Rigidità*, verifica che le piste siano isolate tra di loro per evitare l'interferenza dei segnali che viaggiano sulle diverse piste.

  Applicando un alto voltaggio ai capi di una pista (500 o 1000 V) viene verificato che la corrente di una pista passiva (cioè non alimentata) sia molto bassa (nello specifico minore di 5mA), accertandosi quindi di misurare un'elevata resistenza elettrica

5. **Leak test**, controllo di tenuta pneumatica dei pezzi,

   Si verifica eseguendo l'iniezione di aria pressurizzata all'ingresso del connettore verificando che tutta la portata immessa esca dall'uscita del connettore garantendo così che non vi siano fughe di aria

6. **Pin height**, altezza dei pin

   Attraverso l'utilizzo di specifiche sonde o di sensori di visione artificiali viene misurata l'altezza dei pin del pezzo in fase di collaudo verificando che rispettino le specifiche di progetto

7. **Pin position**, posizione dei pin.

   Un sistema di movimentazione inserisce una apposita dima di riferimento nel connettore verificando contemporaneamente la posizione di tutti i pin, con le eventuali tolleranze da disegno e un sensore verifica che la dima sia entrata correttamente fino al punto di "zero" segnalando la giusta posizione dei pin

8. **Visual test**, test visivo

   È tra i principali sistemi di controllo della qualità grazie alla flessibilità di questa tecnologia viene applicato ai più disparati tipi di controllo di qualità dei prodotti. Tra i principali controlli che vengono effettuati si possono trovare: la corretta riuscita del pezzo, individuazione di difetti di stampaggio come presenza di bave e sfridi, l'assenza di plastica sulle piste metalliche, lettura di codici di produzione (come data matrix o

codici QR) ed eventuali misure di distanze di cui è indispensabile conoscere la grandezza per rispettare le specifiche di progetto. Vengono eseguiti attraverso due tipi di strumenti: i sistemi di visione, che hanno un'elevata precisione e prevedono spesso l'utilizzo di misuratori laser e visivi per garantire maggiore accuratezza del risultato, e i sensori di visione, delle telecamere con ridotta precisione rispetto al precedente utile a tipi di controllo meno severi.

9. **Pressing**, pressaggio
   È l'applicazione di elevate forze in operazioni laddove risulti l'inserimento di elementi in un pezzo

10. **Blister palletizing**, pallettizzazione dei blister
    Una volta eseguiti tutti i processi previsti il prodotto finito viene inserito su un apposito blister, un vassoio di plastica, che una volta completo viene impilato su altri blister completi per poi essere depositati all'interno di una scatola.

11. **Plasma cleaning**, pulitura al plasma
    Serve per rimuovere eventuali impurità presenti sul pezzo per eseguire operazioni come l'applicazione di valvole.

12. **Laser marking**, marcatura laser
    È un'operazione che viene eseguita su quasi tutti i prodotti e serve a marcare il prodotto finito, che quindi ha superato tutti i controlli di qualità, con un codice (datamatrix o codice seriale) l'appartenenza al relativo lotto di produzione per poter eseguirne la rintracciabilità.

13. **Chilling,** riposo
    Raffreddamento dopo iniezione plastica, i cui tempi sono modificabili a secondo delle forme realizzate e dal tipo di materiale impiegato per la realizzazione del prodotto.

14. **Blanking,** tranciatura

È il processo di tranciatura, uno dei principali insieme all'iniezione plastica all'interno dell'azienda e quindi tra quelli con maggiore know how e richiesta. Permette attraverso l'applicazione di forti pressioni di ottenere le forme desiderate da una lastra metallica.

15. **Cold marking**, marcatura a freddo

Il pezzo viene contrassegnato da un punzone per evidenziare l'avvenuto collaudo

16. **Ultrasonic welding**, saldatura ad ultrasuoni

Viene utilizzata per effettuare saldature su pezzi di materiale plastico

17. **Manual welding**, saldatura manuale,

Viene eseguita quando è necessario effettuare la giunzione di due elementi metallici

18. **Element insertion**, inserimento di elementi

Spesso la produzione di un pezzo comporta l'inserzione di elementi come pin, valvole e boccole. Per questa operazione vanno quindi previste, la movimentazione meccanica per eseguirla e la modalità con cui viene asservito l'elemento in questione

19. **Pin bending**, piegatura pin

Per la produzione di alcuni tipi di pin è richiesta la propria piegatura che avviene generalmente per pressaggio.

20. **Potting,** resinatura

In alcuni prodotti come i connettori è previsto l'inserimento di una resina per garantire l'impermeabilità tra l'ambiente esterno ed interno al connettore

21. **Heating tunnel,** tunnel riscaldato

Nel caso di utilizzo di polimeri termoindurenti come le resine è prevista la giacenza del pezzo in un forno a temperatura e tempo di permanenza controllati per far avvenire il corretto indurimento della resina inserita

22. **Airflow test,** test di flussaggio

23. **Torque force control,** controllo di forza/torsione

Risulta necessario per tutte le operazioni di piantaggio di elementi quali pin e boccole, in base ad una serie di prove precedenti in cui è stata effettuata una calibrazione un sistema di posizionamento procede ad applicare la necessaria forza per lo svolgimento dell'operazione

Una volta delineata questa nuova idea di linea modulare è stato necessario, come per ogni investimento che un'azienda intende intraprendere, stilare un business plan, attraverso cui la direzione aziendale può fare le giuste considerazioni economiche valutando la validità dell'investimento in ricerca e sviluppo e trarre attraverso un bilancio tra costi e benefici le appropriate considerazioni. Sono stati sviluppati quindi in via preventiva due business plan al riguardo, uno analizza la situazione più favorevole (best case scenario), la seconda invece analizza la peggiore (worst case scenario) per effettuare un'analisi oggettiva per intraprendere il progetto.

MMM Mista Manufacturing Modules business plan (best case)												
values in [euro]					Year	1	2	3	4	5	6
Investment in R&D						123.500	50.000	30.000	10.000	10.000	10.000
Number of projects per year						1	4	4	4	4	4
Conventional investment	95.000		(Larisys benchmark)			95.000	380.000	380.000	380.000	380.000	380.000
Standard MMM investment	Value		Qty	demultiplicator		52.000	208.000	208.000	208.000	208.000	208.000
Standard MMM manual (Load, Elec, Pin height, Pin pos, camera)	5.500		1	4	<- Qty of projects per MMM loop	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Standard MMM auto (Load, Elec, Pin height, Pin pos, camera)	12.000		4	4	<- Qty of projects per MMM loop	12.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Standard MPB (Elec, Pin height, Pin pos, camera)	10.000		4	1	<- Number of MPB per project per MMM	40.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000
Conveyor ring	2.500		1	4	<- Qty of projects per MMM loop	625	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Delta investment (Standard MMM vs/ conventional)						- 43.000	- 172.000	- 172.000	- 172.000	- 172.000	- 172.000
Delta %						-45%	-45%	-45%	-45%	-45%	-45%
Net value						80.500	- 122.000	- 142.000	- 162.000	- 162.000	- 162.000
Net present value NPV savings	7%		rate		- 920.116	80.500	- 114.019	- 124.028	- 132.240	- 123.589	- 115.504
Cost of start-up reduction (200 hours, 35 euro/hour)	200	hours	35	euro/h	- 259.000	- 7.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000
Estimated time to offer improvement (20 hours/week, 50 euro/h	5,0	hours/week	50	euro/h	- 120.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000
Super controls reduction	80,0	hours/week	19,0	euro/h	- 729.600	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960
Spare parts optimization	5.000	euro/year			- 50.000	- 5.000	- 5.000	- 5.000	- 5.000	- 5.000	- 5.000
Total other savings						- 96.960	- 117.960	- 117.960	- 117.960	- 117.960	- 117.960
Net present value NPV other savings	7%		rate		- 865.497	- 96.960	- 110.243	- 103.031	- 96.290	- 89.991	- 84.104
Total NPVed savings						- 16.460	- 224.262	- 227.059	- 228.531	- 213.580	- 199.608
Payback period							payback 1 year				
Total savings					- 1.785.612						
Total savings per year (horizon 10 years)					- 178.561						
Average situation						120.750	- 171.028	- 186.042	- 198.360	- 185.384	- 173.256

Figura 5.2 Business plan ipostizzato per il best case scenario

MMM Mista Manufacturing Modules business plan (worst case)											
values in [euro]					Year	1	2	3	4	5	6
Investment in R&D						123.500	50.000	30.000	10.000	10.000	10.000
Number of projects per year						1	4	4	4	4	4
Conventional investment	95.000	(Larisys benchmark)				95.000	380.000	380.000	380.000	380.000	380.000
Standard MMM investment	Value	Qty	demultiplicator			96.000	384.000	384.000	384.000	384.000	384.000
Standard MMM manual (Load, Elec, Pin height, Pin pos, camera)	5.500	1	1	<- Qty of projects per MMM loop		5.500	22.000	22.000	22.000	22.000	22.000
Standard MMM auto (Load, Elec, Pin height, Pin pos, camera)	12.000	4	1	<- Qty of projects per MMM loop		48.000	192.000	192.000	192.000	192.000	192.000
Standard MPB (Elec, Pin height, Pin pos, camera)	10.000	4	1	<- Number of MPB per project per MMM		40.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000
Conveyor ring	2.500	1	1	<- Qty of projects per MMM loop		2.500	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Delta investment (Standard MMM vs/ conventional)						1.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Delta %						1%	1%	1%	1%	1%	1%
Net value						124.500	54.000	34.000	14.000	14.000	14.000
Net present value NPV savings	7%	rate			270.565	124.500	50.467	29.697	11.428	10.681	9.982
Cost of start-up reduction (200 hours, 35 euro/hour)	200 hours	35	euro/h	-	259.000	- 7.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000	- 28.000 -
Estimated time to offer improvement (20 hours/week, 50 euro/h	5,0 hours/week	50	euro/h	-	120.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000	- 12.000 -
Super controls reduction	80,0 hours/week	19,0	euro/h	-	729.600	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960	- 72.960 -
Spare parts optimization	5.000 euro/year			-	49.955	- 5.000	- 4.999	- 4.998	- 4.997	- 4.996	- 4.995 -
Total other savings						- 96.960	- 117.959	- 117.958	- 117.957	- 117.956	- 117.955 -
Net present value NPV other savings	7%	rate		-	865.467	- 96.960	- 110.242	- 103.029	- 96.288	- 89.988	- 84.100 -
Total NPVed savings						27.540	- 59.775	- 73.332	- 84.860	- 79.308	- 74.118 -
Payback period						payback 1 year					
Total savings				-	594.902						
Total savings per year (horizon 10 years)				-	59.490						
Average situation						164.750	- 6.542	- 32.317	- 54.692	- 51.114	- 47.770 -

Figura 5.3 Business plan ipostizzato per il worst case scenario

Osservando le due tabelle è possibile osservare come i due scenari siano basati su una stima uguale in termini di numeri di progetti annuali e di costi in ricerca e sviluppo definiti come costi fissi.

Si differenziano invece per quantità di stazioni MMM per singolo progetto. Nel best case scenario viene ipotizzato l'utilizzo delle stesse stazioni per ogni progetto, realizzando quindi solo le MPB per i diversi prodotti.

Il costo delle stazioni viene quindi considerato un costo fisso annuale e viene perciò spalmato su 4 progetti diversi risultando quindi più economico

Il secondo caso, quello del worst case, prevede invece l'utilizzo di 4 stazioni MMM automatiche e una manuale, insieme alle relative MPB, per ogni singolo progetto, risultando quindi ad un costo maggiore rispetto al precedente scenario.

Nella seconda parte di entrambi i business plan sono osservabili tutte le voci che risultano in un risparmio, e per tanto un vantaggio, del nuovo progetto di linee modulari rispetto ai progetti classici.
Nell'ordine sono distinguibili:

- La riduzione dei costi di start-up, valutate in 200 ore lavorative al costo di 35 euro all'ora risultando solo nel primo anno (in cui è previsto un solo progetto) pari a 7000 euro.
- Una stima della riduzione dei costi dovuti al miglioramento dei tempi di offerta, valutati in circa 20 ore alla settimana con un costo pari a 50 euro all'ora, risultando in un risparmio complessivo di 12.000 euro solo nel primo anno.
- Riduzione dei costi dovuti alla riduzione dei controlli, stimati in 80 ore lavorative a settimana con un costo pari a 19 euro all'ora
- Riduzione dei costi di ottimizzazione dei pezzi di scorta, stimati in 5.000 euro all'anno

Complessivamente il risparmio ottenuto da questi fattori solo per il primo anno (in cui tutto è stato calcolato preventivando un solo progetto) ammonta a 96.960 euro per entrambi gli scenari. Per gli anni seguenti la cifra ottenuta deve essere chiaramente moltiplicata per il numero di progetti sviluppati

Una volta osservato come l'investimento in ricerca e sviluppo di questo progetto si ripaghi in entrambi i casi e in tempi piuttosto rapidi è stato approvato il piano di sviluppo del progetto da parte della direzione ed è stato quindi stilato un diagramma GANTT con i tempi previsti di sviluppo del progetto preventivati in circa 6 mesi.

5.2 Sviluppo del progetto

Per prima cosa si ha dato inizio alla fase di progettazione, sviluppando una bozza di quello che dovrebbe essere l'aspetto delle nuove linee.

L'idea iniziale è stata quella di pensare a delle celle di lavorazione singole disposte secondo la sequenza delle lavorazioni da eseguire e ipotizzando l'utilizzo di tre tipi di stazione:

- Manuale
- Semiautomatica
- Automatica.

5.2.1 Stazione manuale

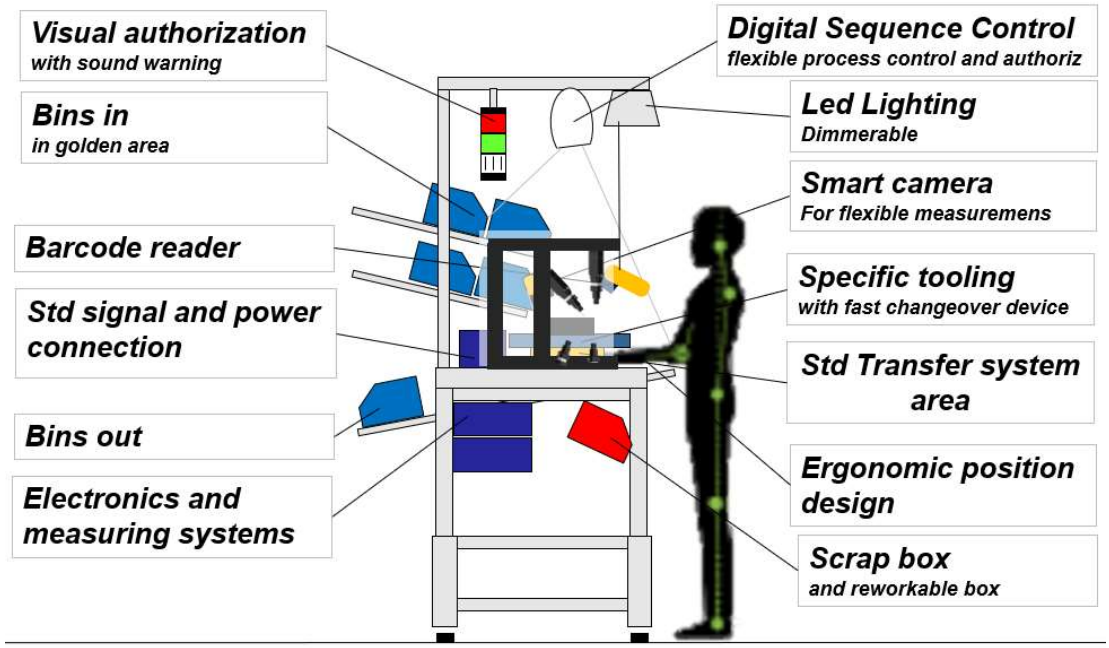


Figura 5.4 Schema vista laterale di una stazione manuale

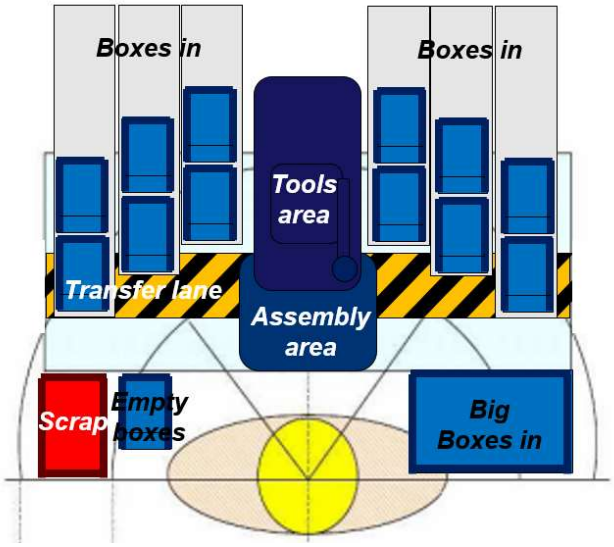


Figura 5.5 Schema vista dall'alto di una stazione manuale

Le stazioni manuali sono state pensate come dei banchetti in cui l'operatore può lavorare in piedi facendo in modo di avere a disposizione tutto ciò che serve per lo svolgimento dell'assemblaggio cercando di garantire il massimo livello di comfort possibile inserendo per tanto tutto quello che deve essere gestito manualmente nelle zone AA, A e B della golden zone.
Per lo spostamento del pallet è stato adottato un sistema di movimentazione automatica che sposta il pezzo attraverso i diversi banchetti a mano a mano che le lavorazioni e/o i collaudi vengono eseguiti.
Le operazioni manuali che devono essere eseguite sul pezzo vengono eseguite direttamente su questo disposto sopra il pallet a cui viene affidato per tanto il massimo livello di comfort e viene quindi disposto nella zona AA della golden zone.
Di fronte all'operatore sono posizionate le vaschette, dalle quali vengono prelevati i pezzi da assemblare, disposte secondo uno schema a matrice che segue il sequenziamento delle operazioni da svolgere.
Le vaschette vuote vengono regolarmente sostituite da quelle piene da un operatore incaricato utilizzando la corsia della logistica, in basso invece è stata prevista la presenza di una vaschetta per la raccolta degli scarti e uno spot per l'impilamento delle scatole vuote, tutte quante disposte nella zona B.
Sempre tenendo in considerazione il comfort dell'operatore è stata prevista l'installazione di un sistema di illuminazione a led dimmerabile che permetta la corretta illuminazione della zona di lavoro.

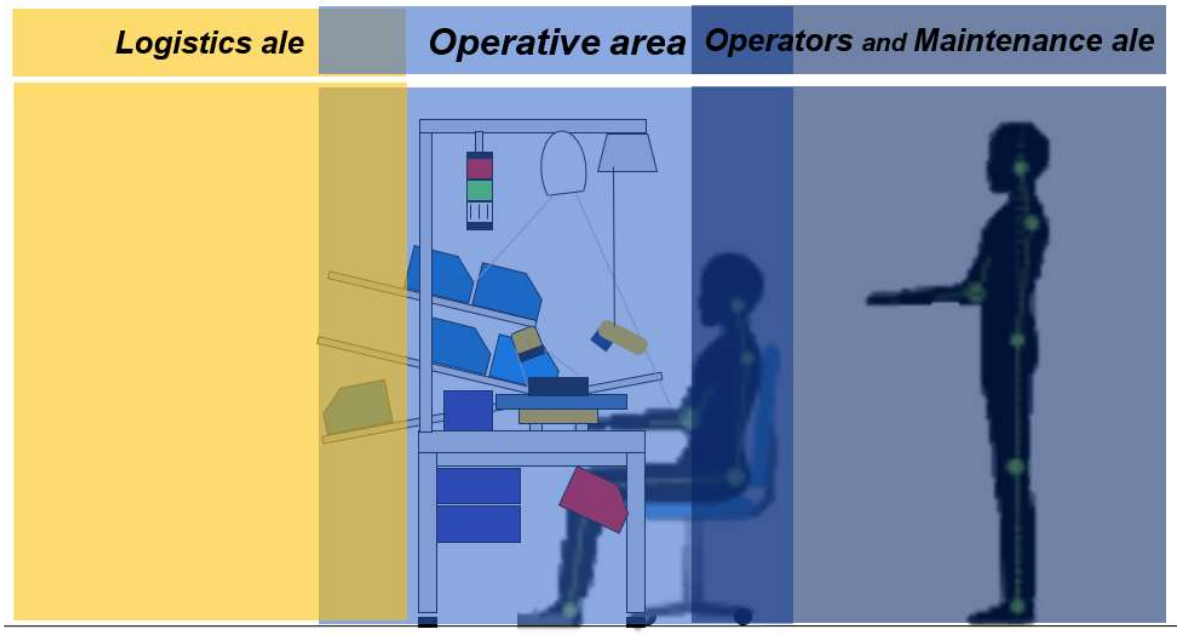


Figura 5.6 Divisione delle zone di una stazione manuale

Le stazioni sono state pensate per essere affiancate rispettivamente davanti e dietro dalla corsia logistica, in cui il materiale necessario all'esecuzione delle operazioni di assemblaggio viene trasportato per poter rifornire le cassette con i pezzi da assemblare, e la corsia alle spalle del banchetto dedicata al passaggio degli operatori e dei manutentori.

5.2.2 Stazione automatica

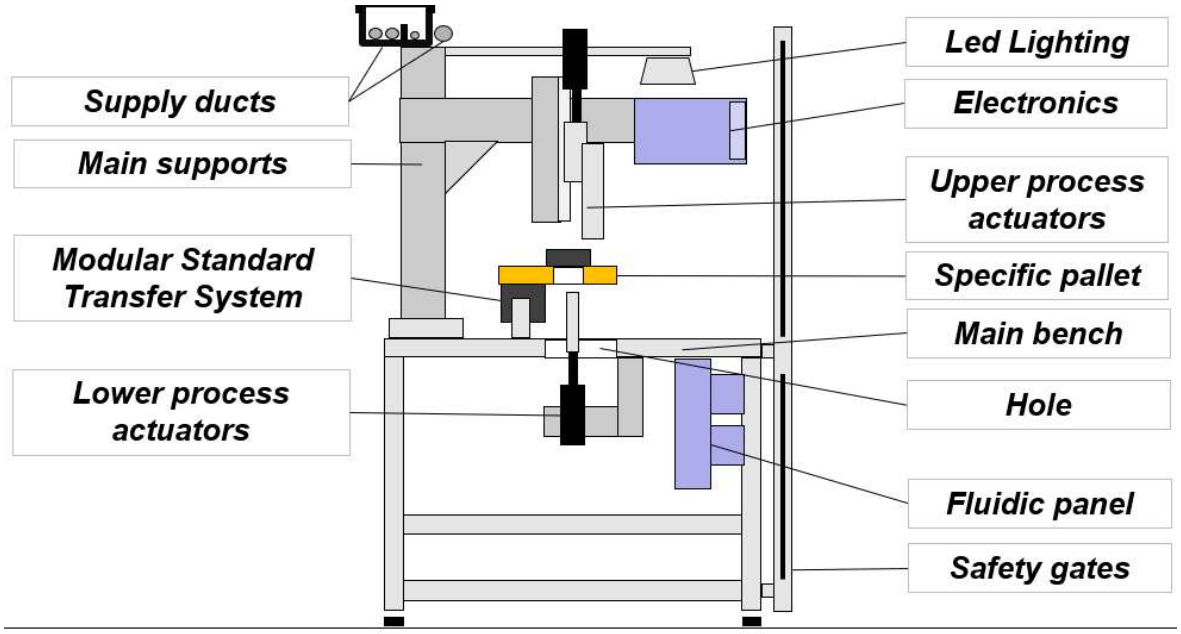


Figura 5.7 Schema della stazione automatica

La stazione automatica è stata pensata per realizzare tutti quei processi che non hanno bisogno dell'intervento umano e che possono essere svolte in totale autonomia dal macchinario.
I processi coinvolti sono la maggior parte di quelli eseguiti, nello specifico tutti i collaudi.
Per esempio, nel collaudo elettrico il processo di contattazione dei connettori avviene attraverso la movimentazione di cilindri pneumatici che presentano nella parte finale il connettore femmina o maschio del pezzo in prova. Una volta collegati la macchina effettua in automatico, attraverso un multimetro uguale per tutte le macchine, i test elettrici richiesti comunicando l'esito del test.
Risulta per tanto necessario un sistema di controllo dedicato per ogni singola postazione automatica e soprattutto un sistema che permetta alle varie componenti della linea di comunicare tra di loro le informazioni necessarie come l'avvenuta fine del processo, per poter far avanzare il pallet, oppure le informazioni riguardanti la sicurezza come l'eventuale apertura di una porta, che deve essere comunicata a tutte le altre macchine che compongono la linea per effettuarne la fermata.

5.2.3 Assieme linea

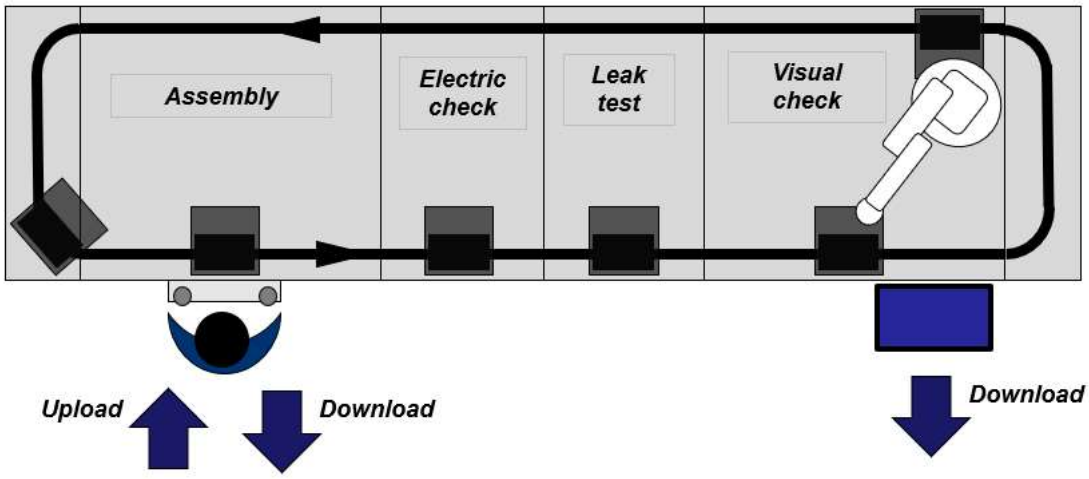


Figura 5.8 Schema vista dall'alto dell'assieme di una linea

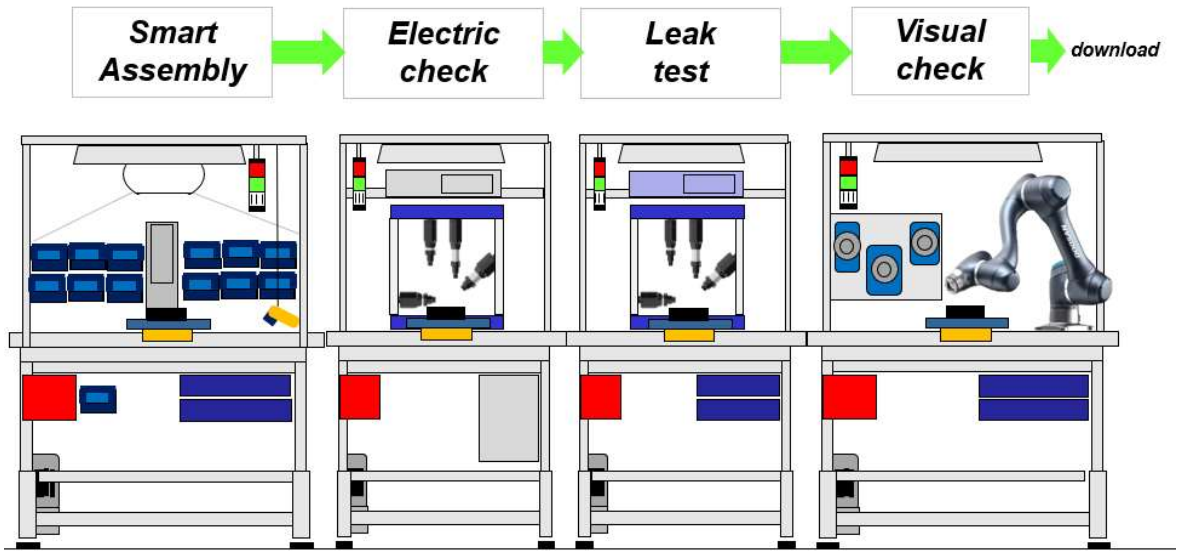


Figura 5.9 Schema vista di fronte dell'assieme di una linea

Come mostrato nella prima immagine il percorso del pallet automatizzato è stato pensato per formare un loop chiuso, in questo modo una volta finito il ciclo produttivo il pezzo o i pezzi sul pallet finale vengono scaricati e disposti in appositi raccoglitori, attraverso l'utilizzo di un braccio robotico o alternativamente in modo manuale.

Successivamente il pallet ritorna automaticamente alla prima stazione ed è quindi possibile riprendere il processo produttivo.

Oltre al layout in linea è stata considerata la possibilità di una configurazione ad anello in similitudine al sistema a tavola rotante con cui erano configurate molte delle linee precedenti, come le EOL (End Of Line) che effettuano tutti i collaudi sul pezzo finito e la marcatura del pezzo se prevista.

Una volta definito il progetto la progettazione meccanica è stata affidata alla ditta Eurotecnica mentre quella di sviluppo della parte elettrica e di automazione è stata affidata all'azienda Duebi entrambe aziende situate nella provincia di Asti.

5.2.4 MMM

Una volta ricevuto la commessa dopo una progettazione che ha richiesto all'incirca circa mille ore e numerosi incontri in azienda, in cui volta per volta sono state affrontate e corrette le eventuali problematiche sorte, secondo lo schema iterativo del PDCA, è stato proposto il design definitivo delle nuove linee.

Tra le modifiche apportate rispetto al progetto iniziale una delle più importanti è stata quella di utilizzare le stesse dimensioni sia per i banchi manuali sia per le stazioni automatiche con l'obiettivo di standardizzare anche le dimensioni.

Osservando le vecchie stazioni manuali utilizzate in azienda, infatti, si è constatato come le dimensioni che garantiscono un'adeguata agevolezza delle operazioni manuali siano di 550 mm di larghezza e 800 mm di profondità.

È stata rivista la movimentazione del pallet che rispetto all'idea originale presenta il binario di ritorno del sistema di movimentazione automatico del pallet all'esterno delle stazioni.

Per i connettori rapidi che permettono il collegamento tra le MPB e le MMM con la relativa elettronica di processo a bordo delle MMM, è stato scelto di non utilizzare più connettori ad hoc ma connettori di tipo commerciale che rendono più facile la loro sostituzione e la loro reperibilità in caso di guasto.

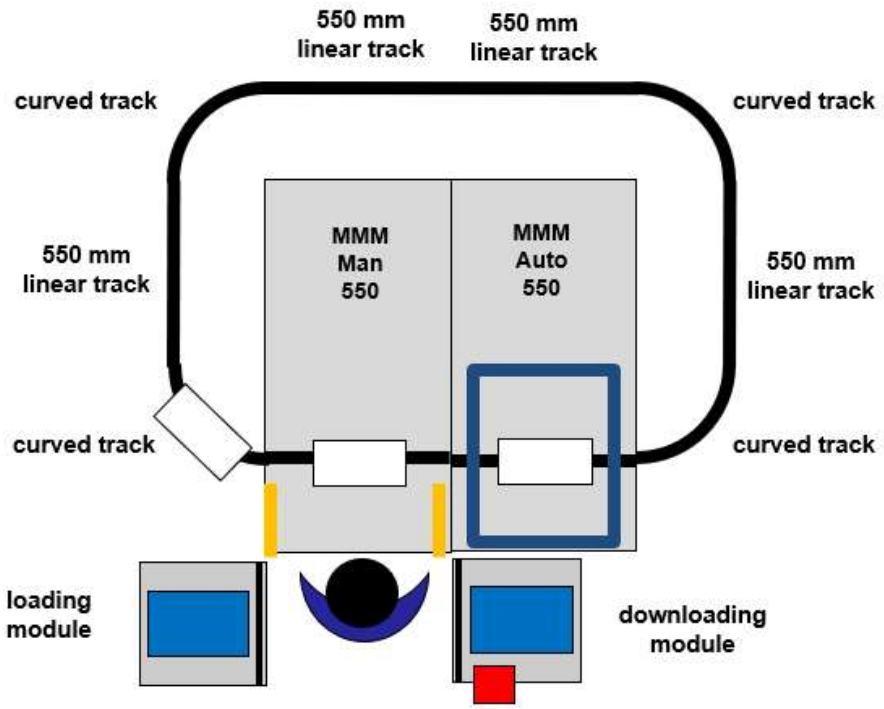


Figura 5.10 Vista dall'alto di una linea composta da due stazioni

Le configurazioni delle stazioni realizzate sono state le seguenti:

Simple Manual

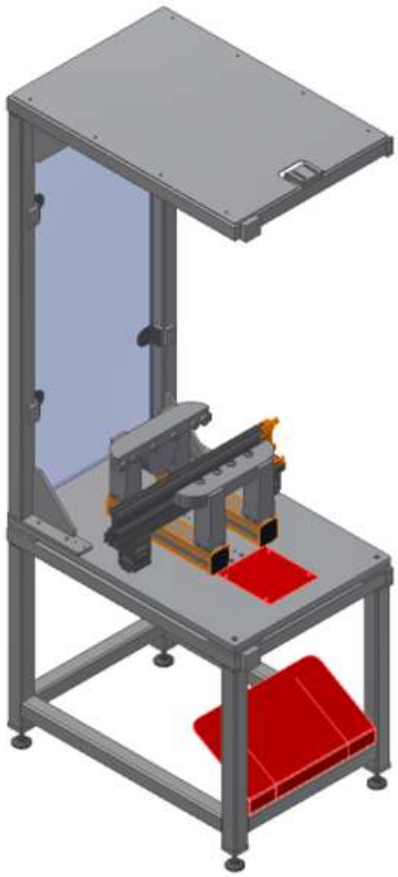


Figura 5.11 Modello 3D della stazione MMM manuale

Rispetto alla progettazione iniziale la revisione delle dimensioni delle stazioni ha comportato una diminuzione delle sue dimensioni garantendo comunque l'ergonomia necessaria allo svolgimento delle operazioni manuali.

È la stazione in cui avvengono le operazioni puramente manuali, quindi senza l'asservimento della macchina, come l'assemblaggio e la saldatura manuale sia ad ultrasuoni che tradizionale. Dal punto di vista del cablaggio risulta molto più semplice in quanto non presenta la necessità di nessuna logica di controllo e perciò la presenza di componentistica elettronica o pneumatica. Per una maggiore ergonomia è stata prevista l'installazione di una pedana poggiapiedi.

Semiautomatic

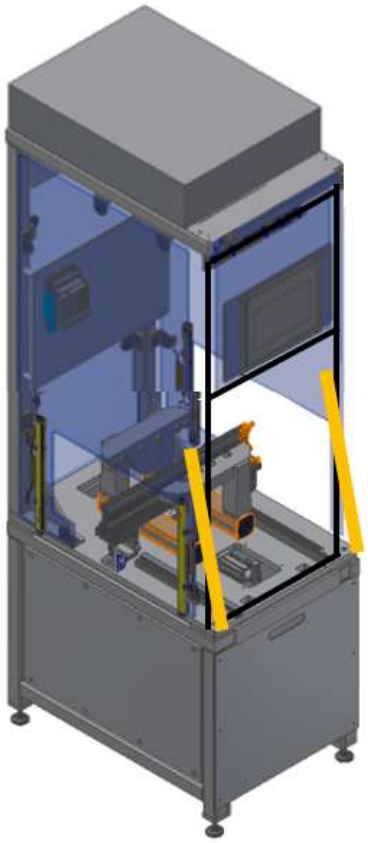


Figura 5.12 Modello 3D della stazione MMM semiautomatica

La particolarità di questa configurazione è che è prevista la collaborazione tra la macchina e l'operatore.

Nell'immagine è visibile la presenza di una barriera a fotocellula che permette alla stazione (nello specifico al PLC di sicurezza) di sapere se l'operatore sta effettuando delle operazioni al suo interno o invece è libera di eseguire le operazioni automatiche previste azionate dal comando bimanuale, in modo da garantire la massima sicurezza.

Nella parte superiore è visibile la hardware box al cui interno è contenuta tutto l'hardware necessario al controllo del processo specifico.

Nel caso di necessità di dover eseguire un processo diverso è prevista la sostituzione oltre che dell'MPB anche quella della box di controllo citato a cui, per facilità di montaggio e smontaggio, è stata prevista la presenza di attacchi rapidi.

Automatic

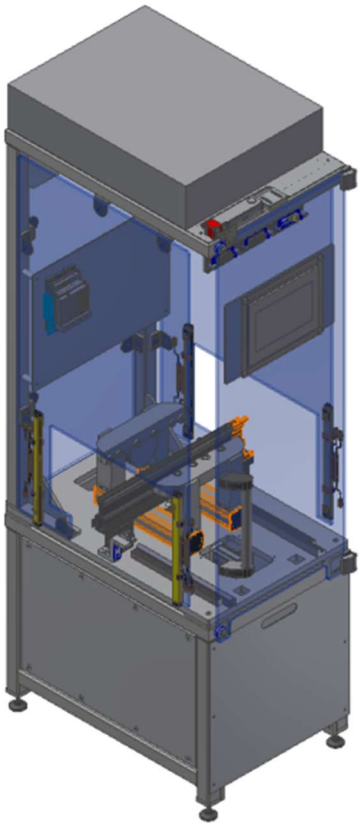


Figura 5.13 Modello 3D della stazione MMM automatica

Questa stazione invece è stata pensata per poter operare in totale autonomia ed eseguire quindi tutti quei processi completamente automatizzati e che per tanto non hanno bisogno dell'intervento di un operatore.

L'unico intervento umano previsto sulla stazione è quello dell'eventuale sostituzione del MPB e della relativa box con l'elettronica di controllo del processo.

Anche per questo tipo di stazione è stata prevista la presenza di un pannello HMI (Human Machine Interface) per poter interagire con la macchina e visualizzare informazioni sul processo in corso.

Nella scatola sopra viene messa l'elettronica specifica del processo, che ha connettori specifici Il compartimento in basso contiene tutta la componentistica del quadro elettrico come fusibili, alimentatore, eventuali plc e moduli I/O. Il quadro elettrico è impostato in modo tale che il plc possa essere integrato o sul banco o su un armadio elettrico esterno.

Il plc non deve essere quindi presente su ogni stazione MMM che invece presenta un modulo I/O interconnesso al plc principale per lo scambio delle informazioni.

Sulla piastra posteriore invece sono disposte tutte le elettrovalvole necessarie al controllo degli attuatori pneumatici.

5.2.5 Mista Process Box

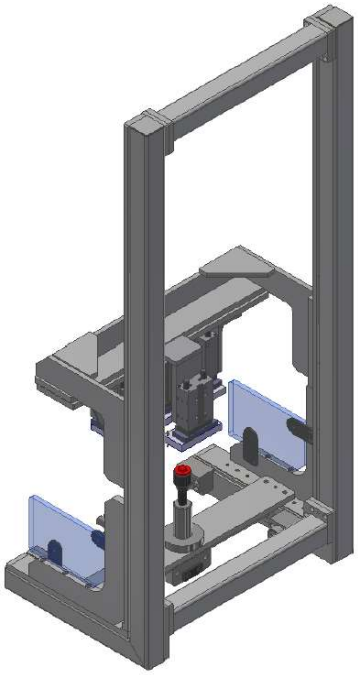


Figura 5.14 Vista frontale dell'MPB

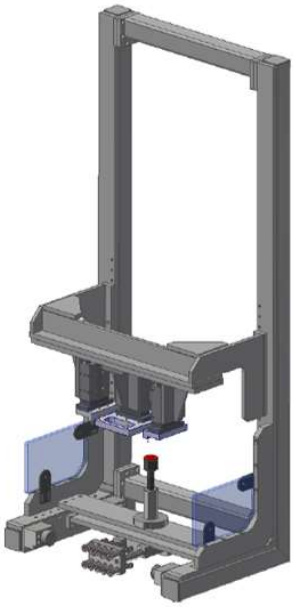


Figura 5.15 Vista dal retro dell'MPB

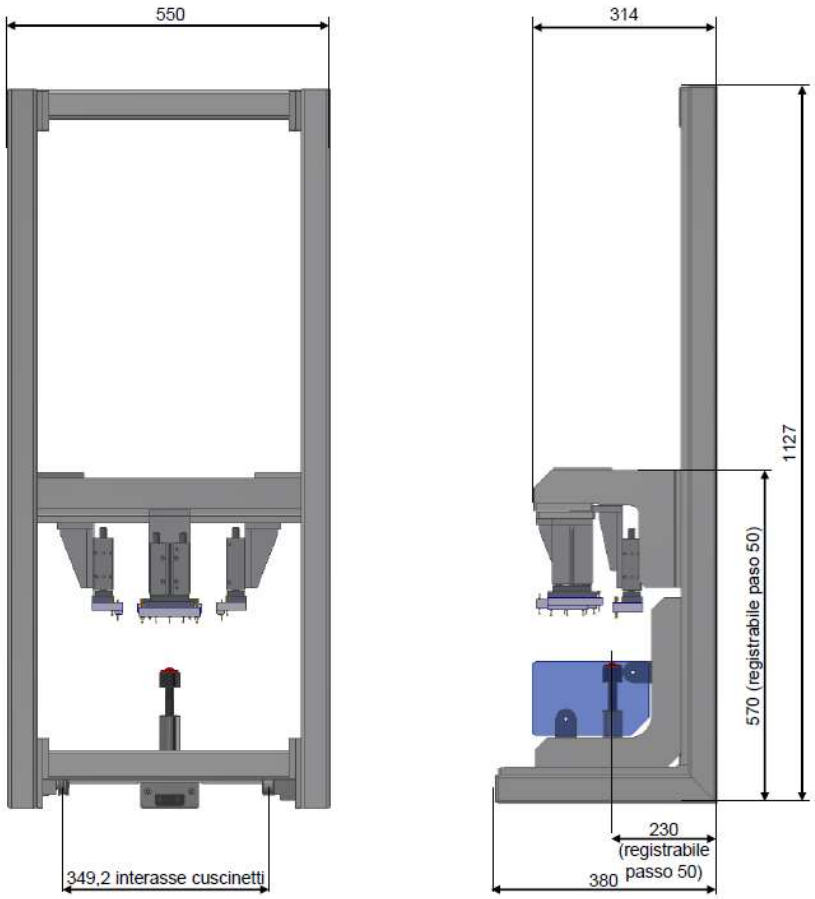


Figura 5.16 Vista ortogonale di un MPB con relative quote

È la struttura all'interno del quale è prevista la progettazione del processo. La sua struttura è stata pensata per essere il più universale possibile cercando di prevedere lo spazio necessario per una gamma più vasta possibile di operazioni.

Come visibile nell'immagine sia lo spazio in altezza che in profondità sono regolabili per poter eseguire la corretta installazione delle componenti al loro interno, come per esempio gli attuatori pneumatici.

Per garantire il corretto posizionamento dell'MPB sono state inserite delle guide ai lati del basamento, che garantiscono il corretto posizionamento sul piano orizzontale, e un cilindro pneumatico che una volta azionato garantisce l'immobilizzazione nella direzione verticale.

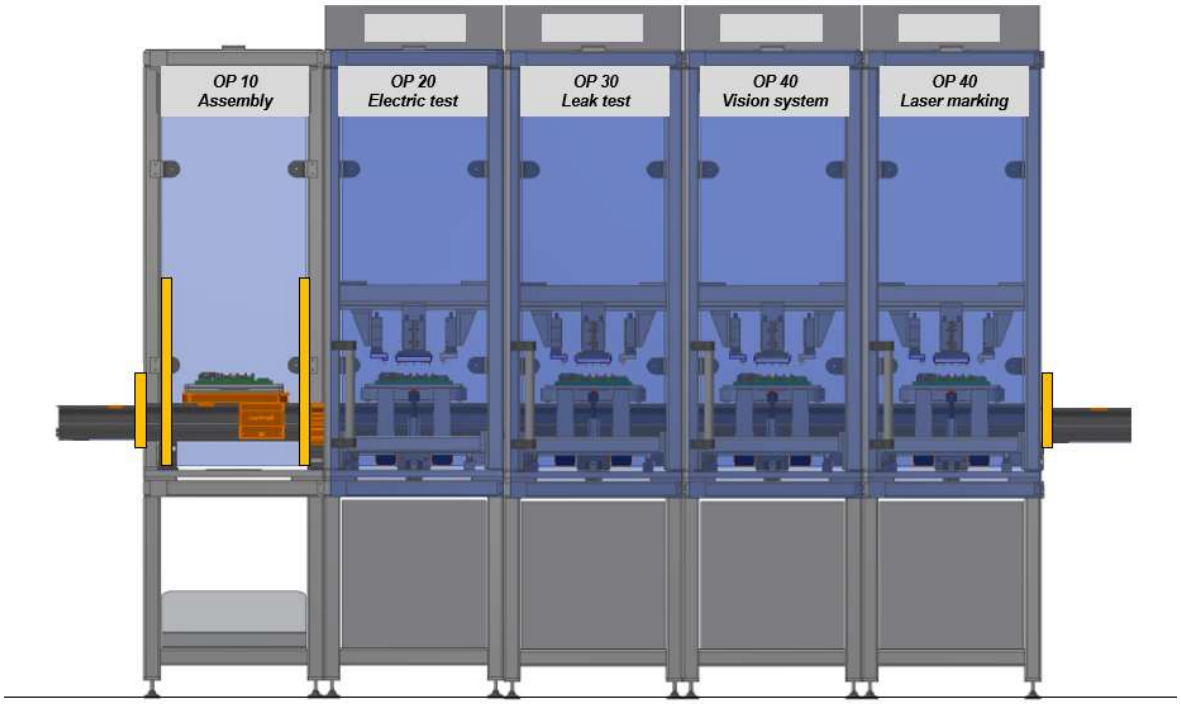


Figura 5.17 Vista d'assieme di una linea di produzione composta da una stazione manuale e quattro stazioni automatiche con al loro interno le rispettive MPB

Nell'immagine è raffigurato l'assieme della linea composta da 4 MMM automatiche con le relative MPB e da una stazione manuale. Al suo interno è possibile osservare i pallet e il sistema di movimentazione degli stessi.

Sopra alle MMM automatiche sono visibili le hardware box contenenti la componentistica di controllo.

5.2.6 MPB changeover trolley

Nell'ottica di semplificare il più possibile ogni operazione sulle nuove linee è stato ideato un carrello apposito per la movimentazione e il montaggio e lo smontaggio delle process box.

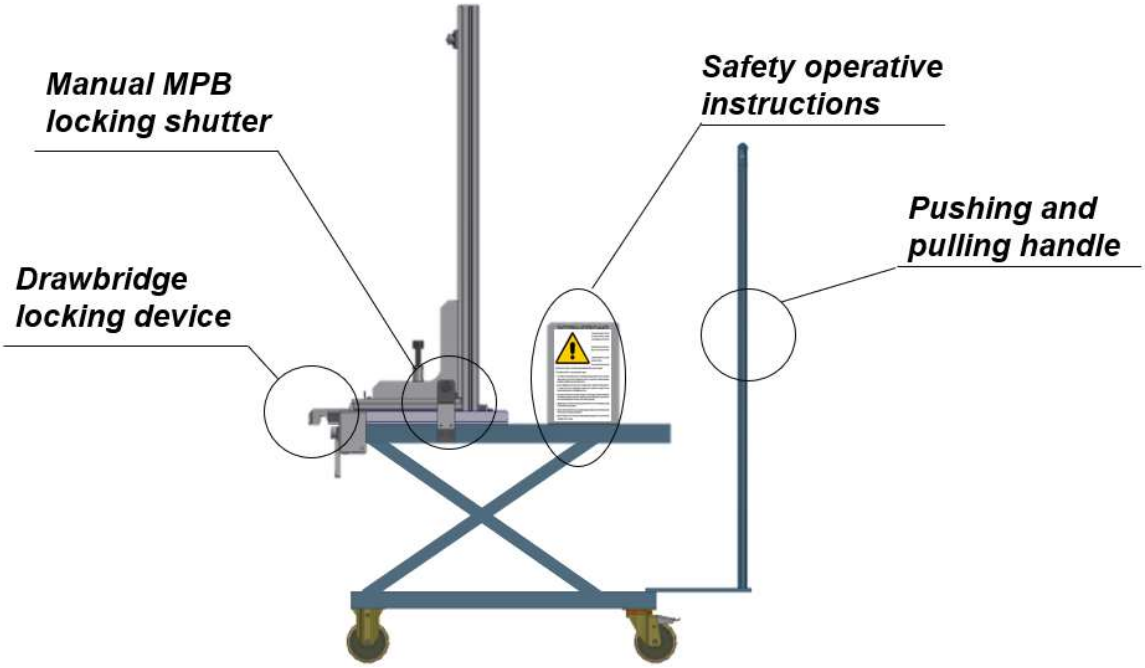


Figura 5.18 Trolley dedicato al trasporto di un'MPB

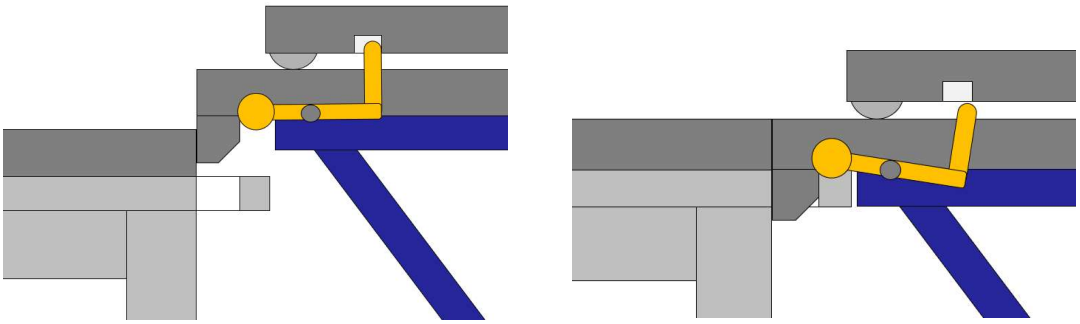


Figura 5.19 Particolare del sistema di sicurezza di carico e scarico di un MPB dal carrello

Per eliminare la possibilità che l'MPB possa cadere durante la sua movimentazione sul carrello è stato previsto un meccanismo di aggancio e sgancio rapido. Solo una volta che il piano del carrello, su cui posa l'MPB, si trova a contatto con un apposito cuneo nel telaio dell'MMM il dispositivo di sicurezza si sgancia dall'MPB che può quindi essere collocato grazie alle guide all'interno dell'MMM.

6 Benefici ottenuti

6.1 Rapidità di preventivazione dei costi

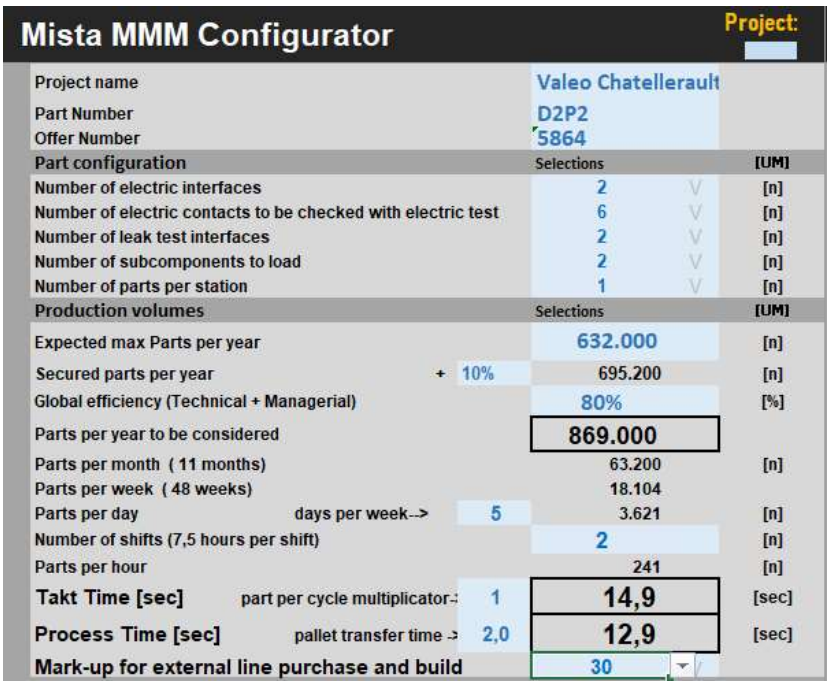
I costi sostenuti per lo sviluppo delle nuove linee risultano soggetti a meno variazioni divenendo quasi una misura certa (a meno di sensibili variazione dei prezzi di mercato come avvenuto durante la recente esplosione dell'inflazione) poiché si ha a disposizione molto meno margine di scelta dei componenti in quanto questi sono già stati scelti quelli con la maggiore funzionalità rimanendo dunque compito del progettista studiare come inserirli all'interno delle MPB per poter eseguire il processo desiderato.

La minore variabilità a cui sono soggetti i costi dei nuovi mezzi di produzione permette inoltre una rapida comunicazione al cliente dei costi da sostenere per la progettazione della linea.

In quest'ottica è stato realizzato l'MMM configurator, un file Excel al cui interno sono stati inseriti tutti i costi che si sono sostenuti nelle offerte precedenti, che permette in pochi passaggi di configurare i costi delle nuove linee.

All'interno di questo file è possibile configurare il layout e i costi di sviluppo di una nuova linea secondo le specifiche di progetto.

6.1.1 Configuration



Mista MMM Configurator				Project:
Project name			Valeo Chatellerault	
Part Number			D2P2	
Offer Number			5864	
Part configuration			**Selections**	**[UM]**
Number of electric interfaces			2	[n]
Number of electric contacts to be checked with electric test			6	[n]
Number of leak test interfaces			2	[n]
Number of subcomponents to load			2	[n]
Number of parts per station			1	[n]
Production volumes			**Selections**	**[UM]**
Expected max Parts per year			632.000	[n]
Secured parts per year	+	10%	695.200	[n]
Global efficiency (Technical + Managerial)			80%	[%]
Parts per year to be considered			869.000	
Parts per month (11 months)			63.200	[n]
Parts per week (48 weeks)			18.104	
Parts per day	days per week-->	5	3.621	[n]
Number of shifts (7,5 hours per shift)			2	[n]
Parts per hour			241	[n]
Takt Time [sec]	part per cycle multiplicator->	1	14,9	[sec]
Process Time [sec]	pallet transfer time ->	2,0	12,9	[sec]
Mark-up for external line purchase and build			30	

Nella prima scheda del foglio, denominata Configuration, è possibile immettere tutte le informazioni che riguardano il nuovo prodotto quali: il nome del progetto, il numero della parte e dell'offerta.
La procedura prevede l'inserimento delle informazioni necessarie alla corretta configurazione della linea quali: il numero delle interfacce elettriche, il numero dei contatti del pezzo che andranno ad essere collaudati attraverso l'electric check, il numero delle interfacce per il controllo di tenuta pneumatica, il numero dei sottocomponenti da caricare per eventuali assemblaggi e il numero di pezzi che verranno processati per ogni stazione.

Nel paragrafo successivo inserendo come valori di input il volume di produzione, il coefficiente di sicurezza e quello di efficienza globale viene calcolato in automatico il volume di pezzi totali da produrre in anno per poi ottenere di conseguenza i volumi mensili e settimanali che divisi per il numero di giorni lavorativi previsti in una settimana permettono di ottenere i volumi giornalieri.
Ottenuti i volumi giornalieri dividendoli per il numero di turni e per quello delle ore in un turno (considerando 7 ore e mezza la durata di un turno) è possibile ottenere il takt time, ovvero il tempo a disposizione per la produzione del pezzo per poter soddisfare la domanda.
L'ultima voce permette di inserire il mark-up previsto ovvero il rapporto tra il prezzo e il costo che rappresenta la maggiorazione del costo della linea applicato da Mista.

6.1.2 Processes selection

Nella seconda scheda denominata Process selection, come mostrato nell'immagine sottostante, è possibile configurare in pochi passaggi una nuova linea, semplicemente selezionando nelle caselle dei processi che prevede il nuovo prodotto l'opzione YES, definendo quali MPB devono essere inseriti al suo interno oltre all'eventuale necessità di MMM se si ha già saturato le linee già esistenti.

Mista MMM Configurator
Processes selection

Project: Valeo Chatellerault

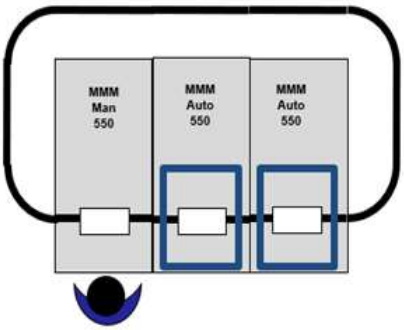
ield to be filled manually

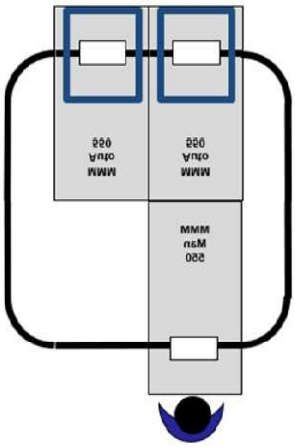
GO TO Description

Processes in blue: manual stations (MMM man) in black: auto stations (MMM auto)	Notes	MMM Manual	MMM Auto	MMM Semiauto add-on	MMM qty multiplicator (IF MMM-YES)	MPB	MPB qty multiplicator (IF MPB-YES)	Other selections
Manual loading/downloading		NO			1	NO	1	2000
Manual Assembly with press	MPB adds a manual press	NO			1	NO	1	^ ergonomic boxes cost
Manual Assembly with tightening syste	MPB adds a screwdriver	NO			1	NO	1	
Manual Assembly with ultrasonic syste	MPB adds a US welder	NO			1	NO	1	
Manual welding	MPB adds tin welder	NO			1	NO	1	
Semiauto loading station	MPB adds nothing		YES	NO	1	NO	1	
Robotized loading/downloading	MPB adds a scara robot		NO	NO	1	NO	1	
Electric check	MPB adds the Chroma electronics		YES	NO	1	YES	1	
Leak test	MPB adds the ATEQ or ECB electronics		YES	NO	1	YES	1	ATEQ
PIN height	MPB adds gages and sensors		NO	NO	1	NO	1	
PIN position	MPB adds gages and sensors		NO	NO	1	NO	1	
Visual test (plastic leakage, full replen	MPB adds cameras		NO	NO	1	NO	1	
Plasma cleaning	MPB adds plasma torch		NO	NO	1	NO	1	
Laser marking	MPB adds lasermarking source and camera check		NO	NO	1	NO	1	
Cold marking	MPB adds cold pin cylinder		NO	NO	1	NO	1	
Chilling	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Blanking	MPB adds small press and die		NO	NO	1	NO	1	
Ultrasonic welding	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Valve insertion	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Elements insertion (pins, valve...)	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Pressing	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Pin bending	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Potting	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Heated tunnel	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Airflow test	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Torque force control	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Blister palletizing	MPB adds		NO	NO	1	NO	1	
Montaggio e messa in funzione linea				YES				

Figura 6.1 Scheda "Process selection" del configuratore MMM

Una volta selezionati i processi viene istantaneamente mostrato uno schema del layout della linea a seconda che si sia scelta la configurazione ad “I” o a “O” attraverso l’apposita casella. Infine, viene effettuato un calcolo automatico (dipendente dalla configurazione selezionata) dei costi del sistema di trasporto pallet essendo noti e ben definiti i prezzi dei differenti tipi di binario.





Line logistics NC componenti		components unit cost	Quantity
Straight track 550 mm	included leg	350,00	6
Conjunction track track 1000 mı	included leg	450,00	2
Straight track 1000 mm	included leg	450,00	0
90° curved track	included leg	750,00	4
Traction group 300 mm/sec	included leg	2.750,00	1
Additional Pallet	Specific + Std included	480,00	0

Line logistics NC componenti		components unit cost	Quantity
Straight track 550 mm	included leg	350,00	3
Conjunction track track 1000 mı	included leg	450,00	4
Straight track 1000 mm	included leg	450,00	0
90° curved track	included leg	750,00	4
Traction group 300 mm/sec	included leg	2.750,00	1
Additional Pallet	Specific + Std included	480,00	0

Figura 6.2 Configurazioni e bill of materials di una linea di produzione a tre stazioni nella configurazione in linea e ad anello

Come mostrano le due tabelle, a parità di stazioni MMM presenti nella linea, la diversa configurazione comporta prezzi diversi che dipendono da che tipi di binari del sistema di movimentazione pallet vengono utilizzati.

Infondo alla scheda è presente un paragrafo in cui è prevista la possibile aggiunta di ulteriori accessori per l'automazione del processo produttivo, come l'utilizzo di robot scara o antropomorfi e dei loro gripper per la presa degli oggetti, della linea con i relativi prezzi (precisi o stimati) grazie ai quali è possibile formulare un preventivo ancora più preciso.

Other automation components		components unit cost	Quantity
Controlled Loading Tower	estimated	2.500,00	1
Controlled Downloading with scrap box	estimated	2.500,00	1
Fast changeover trolley		2.300,00	1
Antropomorphic robot Nachi MZ25 R1882 mm		29.000,00	0
Antropomorphic robot Epson VT6-L R900 mm		14.000,00	0
Scara Robot Epson LS6-B R600 mm		13.000,00	0
Scara Robot Epson T6-602S R600 mm		9.500,00	0
Delta Robot	estimated	25.000,00	0
Gripper for antropomorphic	estimated	12.000,00	0
Termoretractable machine 5 blister manual		8.000,00	0
Termoretractable machine 5 blister auto		25.000,00	0
Termoretractable machine 15 blister auto		50.000,00	0
Robotized isle integration	estimated	50.000,00	0
Busbar Loader	estimated	25.000,00	0
Vibrating Loader	estimated	12.000,00	0
Robotized palletizing with boxes filling (Dertech)		80.000,00	0

Figura 6.3 Lista dei prezzi di componenti accessori per l'automazione

6.1.3 Cost summary

Nella terza scheda Cost summary viene infine eseguito il calcolo totale del costo previsto per lo sviluppo e la realizzazione della linea.

È presente, inoltre, un riassunto del numero di MMM e MPB utilizzati per la sua configurazione, con i relativi costi, e viene ripreso lo schema del layout della configurazione selezionata.

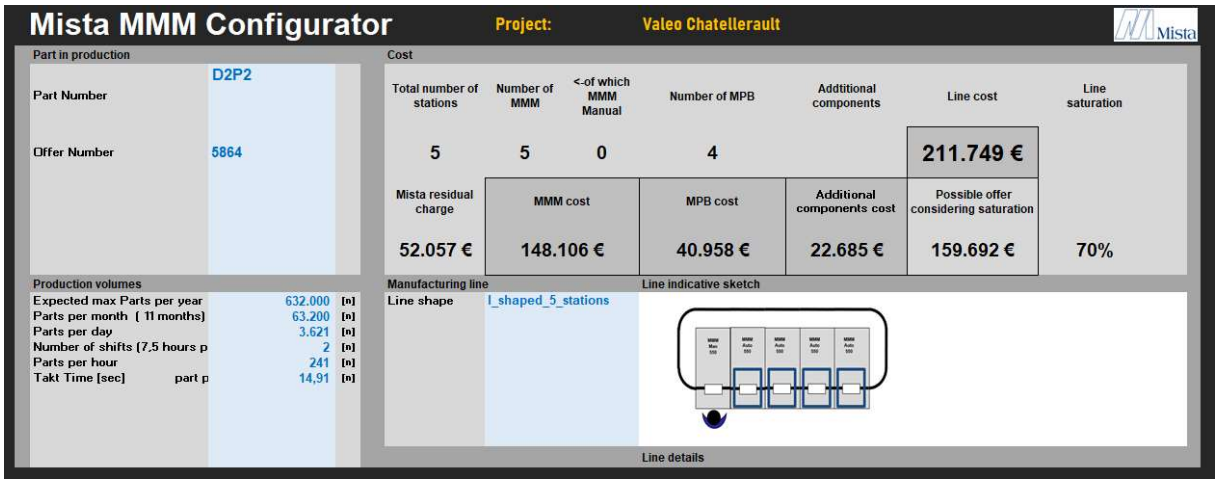


Figura 6.4 Riassunto finale dei costi da sostenere per la messa in servizio della linea preventivata

6.1.4 MMM auto, MMM semiautomatic, MMM manual

Le schede successive sono dedicate alla descrizione dettagliata dei costi delle tre diverse tipologie di stazioni MMM per poter stimare il loro prezzo unitario necessario alla configurazione del prezzo finale della linea.

Per una maggiore organizzazione e facilitare l'individuazione delle cause dei costi questi vengono classificati tra quelli dovuti alle parti meccaniche, elettriche, fluidiche, al sistema di transfer dei pallet e per ultimi i rispettivi costi di assemblaggio.

È stata quindi dapprima effettuata una ricerca di tutti i componenti da utilizzare (meccanici, elettrici e fluidici) insieme al progettista delle stazioni per poi successivamente effettuare una ricerca di tutti i loro prezzi.

Per ultima è stata affrontata una valutazione dei costi di assemblaggio sempre divisi per tipologia. Una volta inseriti il costo orario di assemblaggio, il numero di persone impiegate per eseguirlo e il loro costo orario è stato possibile calcolare il costo totale di assemblaggio moltiplicando i tre fattori per ogni tipo e poi sommandoli.

MMM Auto Universal frame									
15.245,52	[euro]	Cost to be used in total cost							
GO TO Configuration / GO TO Process Selection	Description	Brand	Commercial code	Hours	People Hourly rate	Cost	Qty per MMM	Total cost	Partial Summary
Mechanics	Main frame Aluminum 50x 50	ITEM	CEDI			500,00	1	500,00	
	Main Aluminum plate 20 mm thick W=55(	Purchased	drawing n.			250,00	1	250,00	
	Right and left transparent lexan fences	Purchased	drawing n.			100,00	2	200,00	
	Back transparent lexan fence	Purchased	drawing n.			100,00	1	100,00	
	Upper matt cover	Purchased	drawing n.			50,00	1	50,00	
	Front door with touch PLC	Purchased	drawing n.			100,00	2	200,00	
	Touch PLC embedded	Purchased	drawing n.			800,00	2	1.600,00	
	Electrick lock	Purchased	drawing n.			130,00	1	130,00	
	Fluidic panel	Purchased	drawing n.			100,00	1	100,00	
	Side matt lower covers	Purchased	drawing n.			60,00	2	120,00	
	Bottom lower matt cover	Purchased	drawing n.			50,00	1	50,00	
	Electric plates for PLC parts and slides	Purchased	drawing n.			130,00	3	390,00	
	MPB stopper and rails	Purchased	drawing n.			750,00	1	750,00	
	Pneumatic locker	Purchased	drawing n.			200,00	1	200,00	
	Lower Aluminum plate W=550	Purchased	drawing n.			300,00	1	300,00	
	Adjustable feet					50,00	4	200,00	5.140,00
	Extracost to match current supplier estimation					-	1	0,00	
								0,00	
Conveyor NC componenti	PG02_ Pallet 200 x 200 con Tomino per sovrapallet 8		83510020-V			180,40	1,0	180,40	1.676,66
	Trave Easy-link FL85		8501001-XX			84,62	0,5	42,31	
	Catena Teflonata FL85		850879-TFXX			106,28	0,5	53,14	
	Stop verticale doppio effetto C=20 mm fino a 14 kg non ammortizzato					288,89	1,0	288,89	
	PG0_ Index Orizzontale 501000014MA per pallet 200 mm					915,12	1,0	915,12	
	PG06_Antiritorno più staffa					65,60	1,0	65,60	
	PF04_Staffe speciali asutec					65,60	2,0	131,20	
	Gruppo supporto conveyor					200,00	1,0	200,00	
	Specific pallet and posaggio					300,00	1,0	300,00	
								0,00	

Fluidic	Fluidic rapid connection	Duebi designed				600,00	1	600,00	
	Electrovalves					150,00	4	600,00	
								0,00	
								0,00	
								0,00	
Electrical	Led light					50,00	1	50,00	
	PLC CPU	Mitsubishi				1.200,00	1	1.200,00	
	Componenti vari					1.800,00	1	1.800,00	
	I/O module					1.000,00	2	2.000,00	5.050,00
	Electrical rapid connection power	Harting				200,00	1	200,00	
	Electrical rapid connection signal	Harting				560,00	1	560,00	760,00
								0,00	
								0,00	
								0,00	
								0,00	
Mech Assembly	Mechanical assembly		4,00	2,00	30,00	240,00	1	240,00	
Electrical Assembly	Electrical assembly		24,00	1,00	30,00	720,00	1	720,00	
Fluidic Assembly	Fluidic assembly		5,00	1,00	30,00	150,00	1	150,00	
Mechatronics	MAP		4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00	
								0,00	
							Total	15.556,66	

Cost reduction per quantity

GO TO Configuration

GO TO Process Selection

Choice rules	
Number of MMM	5
Field selection for cost cho	5 - 9

in bold green: Certified value

MMM	Qty of parts >	1 - 4	5 - 9	10 - 14	15+	Cost
	Discount % >	0	2	4	4	15.245,52 ^
Base cost	15.556,66	15.556,66	15.245,52	14.934,39	14.934,39	15.245,52

Figura 6.5 Scheda deidcata alla bill of material di una stazione MMM automatica

In fondo è stato previsto un algoritmo che calcola lo sconto sul prezzo della singola MMM in funzione delle quantità di stazioni MMM che la linea prevede.

6.1.5 MPB base

Andando avanti con le schede si trova quella dedicata alla preventivazione del costo della singola MPB senza processo specifico a bordo (interpretabile come una specie di costo fisso dal momento che è il medesimo per ogni tipo di processo che si vuole inserire sulla linea).

MPB Universal frame										
3.784,00	[euro]	Cost to be used in total cost								
GO TO Configuration / GO TO Process Selection	Description	Brand	Commercial name	Hours	People	Hourly rate	Cost	Qty per MPB	Total cost	
Mech	Main frame electrowelded	Purchased	drawing n.				500,00	1	500,00	
	Aluminum backplate for connect	Purchased	drawing n.				500,00	1	500,00	
	Wheels						50,00	4	200,00	
									-	
Electrical	Electrical rapid connection powe	Harting					300,00	1	300,00	2.100,00
	Electrical rapid connection signa	Harting					600,00	2	1.200,00	
Fluidic	Fluidic rapid connection	Hansa-flex					600,00	1	600,00	
									-	
									-	
Mech Assembly	Mechanical assembly			8,00	1,00	30,00	240,00	1	240,00	
Electrical Assembly	Electrical assembly			4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00	
Fluidic Assembly	Fluidic assembly			4,00	1,00	31,00	124,00	1	124,00	
Mechatronics	MAP			4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00	
									0,00	
								Total	3.784,00	

Cost reduction per quantity							
Choice rules							
Number of MMM		4					
Field selection for cost choice		1 - 4					
						in bold green:	Certified value
MMM	Qty of parts >	1 - 4	5 - 9	10 - 14	15+	Cost	
	Discount% >	0	2	4	4	3.784,00	
Base cost	3.784,00	3.784,00	3.708,32	3.632,64	3.632,64	3.784,00	

Figura 6.6 Bill of materials di un MPB

Anche in questo caso è prevista la presenza di uno sconto in funzione delle quantità di acquisto.

6.1.6 MPB processes

Infine, si trovano in sequenza tutte le schede con i costi dei processi specifici con cui configurare le MPB, all'interno di queste schede è possibile osservare sia il nome dei componenti che vengono utilizzati, se sono componenti commerciali oppure da progettare su misura, il loro nome, il prezzo unitario che moltiplicato per la corrispondente quantità prevista fornisce il costo totale. Nell'immagine seguente è mostrato il preventivo per l'allestimento di un MPB base per il processo test elettrico.

Le voci evidenziate in giallo sono quelle che dipendono dalla configurazione del prodotto per cui la linea è stata progettata e che possono essere trovate nella scheda Configuration.

Il numero di cilindri pneumatici, per esempio, è uguale al numero di interfacce del pezzo da testare, il numero di sensori di fine corsa dei cilindri è uguale al doppio della quantità di attuatori pneumatici.

MPB Electric check											
5.384,00	[euro]	MPB excluded electronics		calculated value: do not modify					1234,56 = BOM values		
5.540,00	[euro]	MPB Specific Process electronics									
GO TO Configuration / GO TO Process Selection	Description	Brand	Commercial name	Hours	People	Hourly rate	Cost	Qty per MPB	Total cost MPB	Total cost Electronics	
Base Electronics componen	Chroma						2500,00	1		2.500,00	
This cost is charged to the MMM standard and is not included into the MPB specific	Teleruttori			calculated in function of electric contacts			80,00	13		1.040,00	
	Electric box with components						2000,00	1		2.000,00	
Base mechanical componen	MPB Base universal frame	Drawing build	MPB Universal frame	calculated in MPB base sheet -->			3784,00	1	3.784,00		
Mechanics	Pneumatic cylinders	FESTO		calculated in function of electric interfaces			120,00	2	240,00		
	Position sensor	FESTO		calculated in function of electric interfaces			60,00	4	240,00		
	Pin connector			calculated in function of electric interfaces			30,00	2	60,00		
	Mechanical supports	Drawing build		calculated in function of electric interfaces			100,00	2	200,00		
Electrical	Cables						20,00	4	80,00		
Fluidic	Electrovalves	FESTO					90,00	2	180,00		
Mech Assembly	Mechanical assembly			8,00	1,00	30,00	240,00	1	240,00		
Electrical Assembly	Electrical assembly			4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00		
Fluidic Assembly	Fluidic assembly			4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00		
Software	Software programming			0	1,00	30,00	0,00	0	0,00		
Mechatronics	MAP			4,00	1,00	30,00	120,00	1	120,00		
							0,00		0,00		
							0,00		0,00		
								Total MPB	5.384,00	5.540,00	Total electronics

Figura 6.7 Esempio di scheda di processo

Grazie alla conoscenza di tutti i costi delle stazioni MMM, delle MPB e delle loro personalizzazioni risulta quindi facile calcolare il prezzo totale di sviluppo e progettazione della linea, una volta selezionati i processi e che tipi di stazioni si vogliono utilizzare il costo viene ottenuto moltiplicando la quantità scelta per il loro prezzo.

6.2 Progettazione più rapida delle linee

Oltre alla progettazione fisica delle linee è stato rivisto anche il capitolato generale di fornitura macchine di Mista.

Prima di questo progetto conteneva informazioni generiche sulla progettazione delle nuove linee fornendo poche indicazioni precise sui processi e collaudi più frequenti, come i parametri del collaudo elettrico.

È stato inserito un capitolo dedicato alla descrizione di ogni singolo processo che viene installato sulle MPB in modo tale da fornire una descrizione molto più dettagliata dei diversi processi fornendo linee guida più chiare ai fornitori e delineando in modo più preciso i componenti da utilizzare per la loro realizzazione.

Sempre per avere una maggiore efficacia comunicativa con i fornitori per alcuni di essi sono stati inseriti degli esempi di soluzioni tecniche già utilizzate che si sono mostrate efficaci ed

efficienti e a meno che non si presenti la necessità di layout diverso ora vengono considerati dei benchmark

Le schede dei processi possiedono al loro interno tutte le informazioni necessarie per sviluppare il macchinario secondo le specifiche fornite da Mista e quelle che lo necessitano presentano uno schema meccanico di funzionamento, oltre a quello elettrico e pneumatico per incrementare il livello di chiarezza e standardizzazione con cui si vuole che la macchina venga sviluppata. La progettazione risulta per tanto meno soggetta all'interpretazione del fornitore.

6.3 Maggiore manutenibilità

Rifacendosi al pilastro della professional maintenance del WCM la facilità di manutenzione è stato dei pilastri dell'intera riprogettazione delle nuove linee.

La manutenzione risulta essere più facile poiché sono tutte composte da una minore varietà dei componenti e soprattutto non sono più a discrezione del fornitore, per tanto si hanno parti di ricambio che valgono per molte più macchine, permettendo di ridurre la varietà dei ricambi e quindi il doversi interfacciare con più fornitori per ottenerli e avere una conoscenza a priori dei loro costi.

La configurazione delle linee stesse è stata pensata per essere facilmente manutenibile.

La componentistica elettronica, per esempio, è molto più facile da raggiungere grazie alla rapida disinstallabilità dell'electonic box che si trova in cima ad ogni stazione. In pochi passaggi è quindi facilmente smontabile e ispezionabile il suo interno.

Un'altra soluzione applicata in ottica di una facile manutenzione è stata quella di montare le elettrovalvole per la movimentazione pneumatica su un pannello posto dietro l'MPB che una volta disinstallata permette il facile accesso al manutentore.

Per gli attacchi rapidi di segnale e potenza elettrici e quelli pneumatici sono stati scelti modelli commerciali piuttosto che su progettazione come ipotizzato in un primo momento, sempre in ottica di una maggiore facilità di manutenzione.

Bibliografia

- www.wikipedia.org
- www.quality-one.com
- Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, Alberto Grando, Andrea Sianesi, Operations Management nella produzione e nei servizi, 2020
- www.mista.it
- Richard Keegan, An Introduction to World Class Manufacturing, 1997

Ringraziamenti

Non ci sono abbastanza parole per quanto desidero ringraziare i miei genitori. Mi avete sempre fatto sentire tutto l'amore che un genitore può dare a un figlio, mi avete sempre sostenuto in ogni mio progetto dandomi il massimo della fiducia. A voi va il mio più grande ringraziamento.

Ringrazio Greta, la mia dolce metà, che in questi anni di studio mi è sempre stata vicina sostenendomi senza se e senza ma. Insieme abbiamo passata momenti meravigliosi che non scorderò mai.

Ringrazio il professore Sorli e l'ingegnere Ghirardi per avermi offerto la possibilità di questa esperienza che mi ha permesso di conoscere il settore manifatturiero e di iniziare il mio percorso nel mondo lavorativo.

Infine ringrazio i miei più stretti amici. Insieme abbiamo passato dei momenti stupendi e sempre insieme siamo cresciuti come amici e come uomini.