



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Ingegneria Gestionale
A. A. 2022/2023
Sessione di Laurea marzo 2023

WCM e Lean Manufacturing: il caso Ariston

Applicazione della teoria in un contesto industriale

Relatore:
Paolo Chiabert

Candidati:
Francesco Gonano 290037

Indice

| | |
|---|----|
| 1. L'azienda e il Tirocinio..... | 4 |
| 1.1 La Storia | 4 |
| 1.2 I Prodotti..... | 8 |
| 1.3 Lo Stabilimento di Albacina | 9 |
| 1.4 Il Tirocinio | 12 |
| 2. La Teoria | 14 |
| 2.1 Introduzione alla Teoria | 14 |
| 2.2 Lean Manufacturing..... | 15 |
| 2.3 World Class Manufacturing (WCM)..... | 19 |
| 2.3.1 Introduzione al WCM | 19 |
| 2.3.2 Total Quality Management (TQM)..... | 20 |
| 2.3.3 Just in time (JIT)..... | 22 |
| 2.3.4 Total Productive Maintenance (TPM) | 23 |
| 2.3.5 Struttura del WCM | 25 |
| 3. Le Tecniche | 34 |
| 3.1 Yamazumi Chart..... | 34 |
| 3.2 5S..... | 36 |
| 3.2.1 Introduzione alle 5S..... | 36 |
| 3.2.2 SEIRI | 36 |
| 3.2.3 SEITON | 38 |
| 3.2.4 SEISO..... | 38 |
| 3.2.5 SEIKETSU e SHITSUKE | 39 |
| 3.3 Poka-Yoke | 41 |
| 3.4 Kanban..... | 43 |
| 4. I casi empirici | 45 |
| 4.1 Introduzione ai Casi Empirici | 45 |
| 4.1.1 Descrizione della WH NEW | 46 |
| 4.1.2 Bilanciamento, Yamazumi Chart e Kanban..... | 50 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1.3 | Applicazione della Tecnica Poka-Yoke..... | 64 |
| 4.1.4 | Applicazione dello SMED | 67 |
| 4.2 | Linea FS..... | 69 |
| 4.2.1 | Descrizione della FS..... | 69 |
| 4.2.2 | Revamping | 73 |
| 4.2.3 | Applicazione delle 5S..... | 76 |
| 5. | Conclusione | 85 |
| 6. | Bibliografia e Sitografia | 87 |

1. L'azienda e il Tirocinio

1.1 La Storia

Il fondatore delle Industrie Ariston è Aristide Merloni (Figura 1) di Fabriano (AN). Nato nel 1897 da una famiglia operaia, ha frequentato l'Istituto Tecnico Industriale Statale di Fermo dove si diploma nel 1916. Dopo aver iniziato la sua carriera come disegnatore in uno stabilimento di Pinerolo, è diventato in dieci anni direttore generale dell'azienda. Il 20 luglio del 1930, Merloni fonda in provincia di Fabriano una piccola attività per la produzione di bilance che nel 1933 prende la denominazione di Società Anonima Merloni Aristide (SAMA).

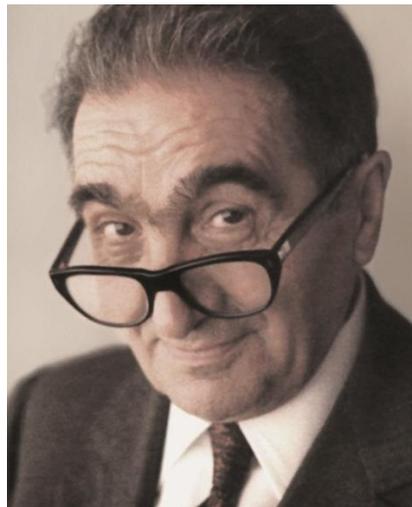


Figura 1 Aristide Merloni[1]

Dopo pochi anni, nel 1938, l'impresa ha un fatturato di circa 500 mila lire con 70 dipendenti per poi diventare negli anni '50 l'azienda leader nel settore della produzione di strumenti per pesare.

Aristide Merloni fu un personaggio impegnato anche sul piano politico e sociale, eletto sindaco di Fabriano, fondatore della nota Fondazione Aristide Merloni che si occupa dello sviluppo economico e sociale delle imprese nelle Marche, ecc.

La decisione di entrare nel settore della produzione delle bombole per il gas liquefatto risale agli anni 60' quando l'ENI, con l'allora presidente e amico di Merloni, Enrico Mattei, scoprì nella pianura padana alcuni giacimenti di metano. Sempre in questi anni, l'azienda marchigiana, con il fine di diversificare il proprio business, iniziò la produzione di scaldabagni e di fornelli smaltati a gas e prese la famosa denominazione: Ariston.

Gli anni '60 furono un periodo di forte espansione per l'azienda tanto che nel 1966 nell'area marchigiana erano presenti 7 stabilimenti: Fabriano, Matelica, Albacina, Genga, Sassoferrato, Cerreto d'Esi e Borgo Tufico.

L'imprenditore Aristide Merloni muore nel 1970 in seguito ad un incidente stradale lasciando l'azienda ai figli, Vittorio, Francesco e Antonio con un fatturato pari a 30 miliardi di lire, 10 stabilimenti e circa 2000 dipendenti [2].

Le industrie Merloni vengono quindi riorganizzate in tre aziende autonome che sono le seguenti:

- Merloni Termosanitari S.p.A.: divisione termoidraulica che nel 2009 diventò Ariston Thermo Group, guidata dal primogenito Francesco e poi dal figlio Paolo;
- Merloni Elettrodomestici S.p.A.: divisione elettrodomestici poi conosciuta come Indesit Company (logo visibile in Figura 2), guidata da Vittorio e dal figlio Andrea fino alla cessione al gruppo americano Whirlpool nel 2014;



Figura 2 Attuale logo della Indesit Company [3]

- Antonio Merloni S.p.A.: divisione meccanica guidata da Antonio, ormai non più attiva.

La Merloni Termosanitari prosegue la produzione di apparecchi per il riscaldamento dell'acqua e degli ambienti e continua la sua crescita. Nel 2001 il gruppo acquisisce alcuni marchi importanti come Chaffoteaux, Elco, Cuenod e Rendamax. Nel 2009 l'azienda cambia nome in Ariston Thermo Group e continua ad ingrandirsi con un'ottica sempre più internazionale. Di seguito si riportano alcune acquisizioni importanti:

- Termogamma (2008), Svizzera;
- Cipag e Domotec (2011), Italia;
- Atag Heating (2014), Olanda;
- Heattech Gaysers (2014), Sudafrica;
- Gastech Energi (2015), Danimarca;
- NTI (2016), Canada.

Inoltre, nel 2016 l'azienda raggiunge dei traguardi importanti in alcuni siti storici; Arcevia ed Osimo, infatti, ricevono la medaglia di bronzo del World Class Manufacturing.

L'anno successivo entra a far parte di Ariston, Laurent Jacquemin come Amministratore Delegato e ad Agrate viene aperto un polo di ricerca per soluzioni all'avanguardia nel settore del comfort termico con il nome di Ariston Thermo Innovative Technologies.

Come successivamente descritto, è nel 2018 che Ariston raggiunge un accordo con la Whirlpool per la reindustrializzazione dello stabilimento di Albacina con il fine di farlo diventare un centro di competenza per la progettazione e produzione di tecnologie rinnovabili avanzate per il comfort termico.

Negli ultimi anni si verificano l'acquisizione della società israeliana Chromagen (2021), leader nella fornitura di soluzioni rinnovabili per il riscaldamento dell'acqua, e della Centrotec Climate System che opera attraverso 4 brand tra cui Wolf, pioniera nello sviluppo di pompe di calore di nuova generazione con refrigerante naturale (R290).

Ariston Group (logo visibile in Figura 3) oggi fattura quasi 2 miliardi di euro in oltre 150 paesi producendo 9 milioni di prodotti all'anno e contando circa 8000 dipendenti [4].



Figura 3 Attuale logo di Ariston Group [5]

1.2 I Prodotti

Ariston offre un'ampia gamma di prodotti ad alta efficienza energetica. Oltre ai sistemi di riscaldamento tradizionali, il Gruppo sviluppa e produce soluzioni che utilizzano l'energia proveniente da fonti rinnovabili per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda; in particolare si fa riferimento a pompe di calore e a pannelli per il solare termico (come quello in Figura 4).



Figura 4 Modello di pannello solare termico prodotto nella sede di Albacina [6]

L'Azienda crede molto nell'innovazione al servizio della tecnologia domestica ed è per questo che cerca di sviluppare soluzioni sempre più connesse e user-friendly che garantiscano performance e servizi di alto livello. Ariston Albacina propone una varietà di prodotti molto ampia che include, oltre alle pompe di calore e pannelli solari termici, termostati smart, condizionatori e altri accessori. La sfida del risparmio energetico è da sempre per il Gruppo, un'opportunità di crescita che richiede competenze e che spinge alla creazione di prodotti sempre più interconnessi con performance di alto livello. La strategia di commercializzazione e distribuzione del prodotto finito prevede una forte collaborazione con partner commerciali che fanno da intermediari con il cliente. Con il fine di coinvolgere ed includere il più possibile installatori e rivenditori, vengono organizzati tour negli stabilimenti per poter osservare il prodotto fin dalla fase embrionale che è la produzione [7].

1.3 Lo Stabilimento di Albacina

Lo stabilimento di Albacina (Figura 5) fu il primo ad essere fondato da Aristide Merloni nel 1930, ed è rimasto parte del gruppo fino al 2008. In questo anno il plant, venne venduto alla Whirpool per la quale restò in attività fino al 2016. Il sito produttivo di Albacina fu acquisito nuovamente da Ariston nel 2018 per il suo valore storico e per la vicinanza agli altri stabilimenti del gruppo e alla superstrada [8].



Figura 5 Vista frontale dello stabilimento di Albacina

Una volta insediata, Ariston cerca di valorizzare il personale del territorio; infatti, l'88% delle posizioni manageriali sono occupate da risorse di provenienza locale.

Per far comprendere meglio il contesto di lavoro su cui si basano le attività descritte nella tesi, si sottolinea la crescita esponenziale in termini di capacità produttiva dello stabilimento in analisi. Circa ogni sei mesi a partire dall'acquisizione, è stata avviata una nuova linea di produzione.

Ad oggi, le più importanti sono:

- Pompe di calore HHP (aprile 2018);
- Controllo statistico dei condizionatori (gennaio 2019)
- Unità interne della pompa di calore (marzo 2019)
- Pannelli solari termici (luglio 2019)
- Progetto top secret (marzo 2021)
- Unità esterne della pompa di calore (giugno 2021)

In Figura 6, si presenta un layout dello stabilimento di Albacina. Il plant si sviluppa su 137.700 m² di cui 35.100 sono coperti e dedicati alla produzione e al magazzino. In particolare, in viola è raffigurata l'area dedicata allo stoccaggio del materiale grezzo, in giallo le linee produttive e in blu la zona di attesa spedizione del prodotto finito. Il layout in figura, mostra la situazione al momento della stesura della tesi, ma essendo previsto l'inserimento di nuove linee di produzione, sarà sicuramente soggetto a modifiche.

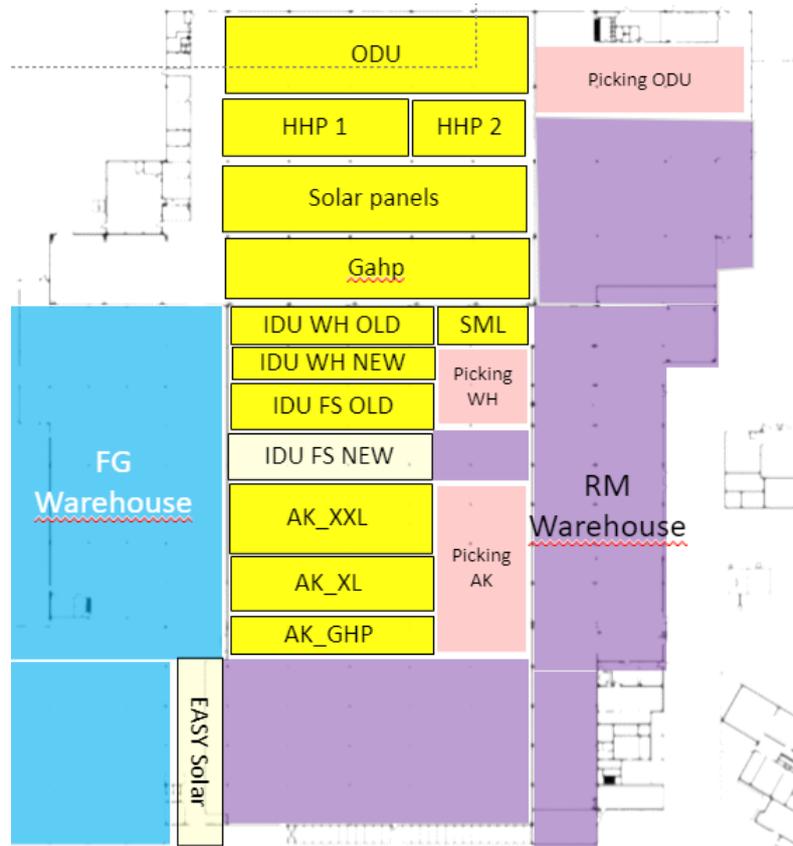


Figura 6 Layout dello stabilimento di Albacina

Per quanto riguarda i volumi produttivi, sono fortemente cambiati dal 2018, in particolare, dopo un primo calo, sono incrementati esponenzialmente.

Dal primo anno di attività (2018) come Ariston Group, infatti, si è passati da 37.000 unità prodotte (2019) a 33.000 nel 2020, per poi aumentare a 60.000 nel 2021 e 100.000 nel 2022.

1.4 Il Tirocinio

Nel primo periodo di tirocinio, l'attività principalmente svolta è stata la raccolta di dati tramite video ritraenti le operazioni svolte dagli operatori nelle linee di produzione di unità sia interne che esterne delle pompe di calore. Con la reflex di proprietà del team degli industrializzatori, si ha avuto modo di osservare quotidianamente e da vicino le attività svolte, così da riuscire a cogliere le modalità di lavoro e da avere una prima idea sulle tempistiche. Dopo aver eseguito le riprese per i vari modelli prodotti su diverse linee dello stabilimento, è iniziata per il tirocinante l'attività di analisi vera e propria. Osservando le riprese, confrontandosi con il proprio tutor aziendale, con i Line Leader (responsabili della produzione su una linea) e con il Production Manager (primo livello responsabile della produzione di una moltitudine di linee) si sono comprese le attività di assemblaggio e i vincoli di sequenzialità.

Altri strumenti messi a disposizione sono il gestionale SAP, da cui si è riusciti ad estrarre le distinte base (BOM) dei vari modelli analizzati, e i modelli 3D creati dai colleghi della Ricerca e Sviluppo.

Tramite la consultazione di questi strumenti di supporto e l'interazione con le persone, il tirocinante ha iniziato a creare delle prime tempificate descrittive dei modelli di pompe di calore trattate. Le tempificate sono da considerarsi lo strumento di base dell'analista in tempi e metodi in quanto, dopo aver suddiviso il lavoro in fasi più o meno dettagliate, permettono un inserimento dei tempi per ognuna di esse. La scomposizione dell'attività ad un livello più micro è stata eseguita dal tirocinante seguendo le direttive del proprio tutor. Per l'assegnazione dei tempi invece si è utilizzato il software Kinovea che permette una comoda analisi dei video fatti.

Tutte queste informazioni sono state quindi inserite nella tempificata che è un template Excel utilizzato ad Albacina, il quale a fronte dei dati inseriti, restituisce un primo bilanciamento della situazione AS-IS.

Dopo aver raggiunto questo primo step di analisi, l'attività è proseguita cercando di identificare quali tra le fasi svolte dagli operatori di linea fossero a valore aggiunto per il cliente finale. Anche qui è stata necessaria la consultazione con il tutor, in particolare per l'individuazione delle operazioni a semi valore aggiunto che risultano essere più difficili da individuare.

Altre attività svolte sono state l'analisi e il re-design dell'intera area picking dedicata al reparto di produzione delle unità interne delle pompe di calore. Dopo aver bilanciato la linea, infatti, si sono prese in carico tutte le inefficienze rilevate nel suo prolungamento, ovvero l'area dedicata allo stoccaggio e alla preparazione di kit per l'asservimento. Per riuscire a definire un layout ben progettato, si è utilizzato il software Autocad. Durante questo periodo sono state svolte anche altre attività, come la creazione di carrelli Kanban e l'inserimento di un'intera lavorazione a flusso diretto con la linea. Queste ultime verranno trattate maggiormente nel dettaglio.

Per lo svolgimento di quanto descritto, si sono studiati ed applicati alcuni principi del World Class Manufacturing (WCM) e della Lean Manufacturing (LM), in particolare quelli riguardanti il pilastro della Workplace Organization (WO). Il lavoro di tesi, pertanto, propone una panoramica generale sulla LM e sul WCM con un'analisi più approfondita sul pilastro WO; in supporto alla teoria, verranno descritti alcuni casi empirici di applicazione dei suoi principi fondanti affrontati nel periodo di tirocinio ad Albacina. Si descriveranno inoltre alcune linee di produzione interne allo stabilimento con riferimento alla loro organizzazione precedente e quella post-intervento.

2. La Teoria

2.1 Introduzione alla Teoria

In questo paragrafo si presenta un'introduzione ai concetti della Lean Manufacturing e del WCM con il fine di aiutare alla comprensione dei risultati ottenuti mediante la loro applicazione. Come si potrà notare nei paragrafi seguenti, questi due sistemi produttivi hanno concetti in comune che puntano al miglioramento dell'organizzazione e della gestione dell'ambiente di lavoro in tutte le sue dimensioni.

2.2 Lean Manufacturing

La Lean Manufacturing (LM) è una metodologia di lavoro, basata sulle persone, che mira all'ottimizzazione dei processi attraverso l'eliminazione degli sprechi. Quando si parla di LM, è necessario anche parlare di Toyota Production System (TPS) che è un insieme di pratiche gestionali che puntano al miglioramento continuo, esprimibile mediante il concetto di Kaizen (KAI = cambiamento, ZEN = continuo). Questo sistema di produzione fu sviluppato dall'ingegnere Taiichi Ohno (in Figura 7) negli anni 60' mentre lavorava per l'azienda automobilistica della Toyota.



Figura 7 Primo piano di Taichii Ohno [9]

Il modello sviluppato in Giappone nasce mentre in America era già molto diffuso il metodo fordista-taylorista, ideato per la produzione di massa. Quando la crisi petrolifera colpì lo stato asiatico, quest'ultimo modello non ebbe più successo in quanto si fonda su un'assunzione molto forte: la domanda illimitata. Negli anni '70, l'economia giapponese crollò a livelli di crescita zero e questo fu un breakpoint epocale nella storia dell'industria manifatturiera nipponica e non solo. Da queste condizioni nacquero il TPS e la LM che furono quindi concepite per condizioni di mercato in crescita lenta o nulla [10].

Nella Lean Manufacturing, la soddisfazione del cliente è l'obiettivo principale, quindi tutto ciò che non crea valore è considerato uno spreco che va prima identificato e, se possibile, eliminato. Per riuscire in tale intento, le aziende devono seguire alcune tecniche gestionali e devono coinvolgere ogni persona all'interno dell'organizzazione in quanto risorsa strategica che se opportunamente ascoltata, può spingere l'azienda verso l'eccellenza.

Prima di presentare alcune tecniche, si descrivono due concetti fondamentali per poi passare ad una definizione degli sprechi.

Il primo principio della filosofia di T. Ohno afferma che l'efficienza risulta necessaria solo quando porta ad una riduzione dei costi. Si deve quindi produrre solo il necessario usando meno manodopera possibile. Il secondo concetto riguarda invece il punto di partenza dell'analisi. Bisogna iniziare a cercare di efficientare prima il lavoro di un operatore, poi della linea, per poi passare all'analisi dell'intero plant produttivo. Si parte quindi dal particolare per poi proseguire con un lavoro più ampio e globale [11].

Dopo aver presentato queste due linee guida del pensiero Lean, si descrivono ora i 7 sprechi:

1. **Sovraproduzione.** Produzione anticipata o in quantità superiori alle richieste del mercato.
2. **Tempi morti.** Tempi di attesa in cui l'operatore non può svolgere attività che creano valore per il cliente finale.
3. **Trasporti e manutenzioni inutili.** Si considera spreco in quanto il trasporto non aggiunge valore per il cliente finale e inoltre è una possibile fonte di danneggiamento dei materiali e può causare ritardi di produzione.
4. **Processi lavorativi inutili o inopportuni.** Processi che richiedono sforzi che non aggiungono valore in quanto si superano le aspettative del cliente con prodotti o servizi per cui non è disposto a pagare.
5. **Stoccaggio eccessivo.** Fonte di aumento di costi operativi in quanto ogni prodotto stoccato e non venduto, deve essere movimentato e richiede uno spazio che potrebbe essere utilizzato in altro modo. Inoltre, per alcune categorie di prodotti, c'è il rischio di obsolescenza.
6. **Movimenti inutili.** Diversa dal trasporto in quanto fa riferimento agli spostamenti nella singola area di lavoro, spesso dovuti ad un'errata definizione del layout della postazione dell'operatore.
7. **Produzione di pezzi difettosi.** I pezzi difettosi richiedono rilavorazioni; queste comportano operazioni aggiuntive rispetto a quelle previste dal ciclo di lavoro quindi un costo aggiuntivo per l'azienda.

L'identificazione e l'eliminazione di questi fattori di perdita possono migliorare notevolmente l'efficienza operativa [10].

Prima di presentare la metodologia del World Class Manufacturing, si descrivono i 5 principi che guidano il percorso di ottimizzazione e miglioramento continuo seguendo la filosofia Lean, che sono:

1. **Definire il valore.** Per farlo è importante capire cosa il cliente è disposto a pagare. Solo parte delle ore impiegate dall'azienda per fornire un prodotto o un servizio hanno effettivamente un valore per il cliente.
2. **Mappare il flusso del valore e identificare gli sprechi.** Tutte le attività possono essere descritte da una di queste tre categorie:
 - *Attività a Valore (VA):* generano un valore riconosciuto dal cliente finale (assemblaggio, stampaggio, ecc.)
 - *Attività a Non Valore (NVA):* sprechi che vanno eliminati il prima possibile (trasportare, immagazzinare, ecc.)
 - *Attività a Non Valore ma Necessarie (NVA-N o SVA):* non generano valore per il cliente ma sono comunque necessarie per l'azienda (Report ai sensi di legge, ecc.)
3. **Far scorrere il flusso.** Bisogna fare in modo che le VA si svolgano a flusso continuo, quindi senza interruzioni. Evitare attese, scorte, attrezzaggi lunghi, ecc.
4. **Implementare un sistema Pull.** Il processo produttivo deve essere "tirato" dal cliente, quindi dettato dal mercato. Questo principio è fondamentale in quanto, se seguito, permette di evitare la sovrapproduzione di prodotti finiti che possono generare costi ed inefficienze se invenduti.
5. **Ricerca la perfezione - Kaizen.** Puntare al miglioramento continuo coinvolgendo tutte le persone all'interno dell'organizzazione. Il Lean Thinking insegna che bisogna puntare alla perfezione, consapevoli del fatto che non sarà mai totalmente raggiungibile [12].

2.3 World Class Manufacturing (WCM)

2.3.1 Introduzione al WCM

Il termine World Class Manufacturing fu coniato da Hayes e Wheelwright nel 1984 e venne inizialmente definito come un insieme di best practices che avrebbero portato un'impresa ad una migliore performance. Nel tempo il WCM ha suscitato sempre più interesse catturando l'attenzione di molti studiosi; tra questi, uno dei più importanti per l'implementazione delle sue tecniche in Italia, il prof. Hajime Yamashina.

Lo sviluppo di questo metodo di produzione nasce come risposta ad alcune condizioni sfavorevoli che si generarono nel panorama manifatturiero. In particolare, si fa riferimento ad una maggiore diversificazione e difficoltà nella previsione della domanda.

Il vantaggio competitivo delle aziende dipende sempre più dalla velocità di ottenimento delle informazioni e dalla capacità di sviluppare nuovi prodotti attraenti per il mercato che si basino su un appropriato sistema di produzione, con lead time brevi ed una buona velocità di distribuzione al cliente. Per il mondo manifatturiero è necessario quindi avere un buon sistema di gestione della qualità, proporre prezzi competitivi e una varietà di prodotti con delivery breve e puntuale.

Si iniziano a sviluppare quelli che sono i concetti fondamentali del WCM:

Total Quality Management (TQM), Total Productive Maintenance (TPM) e Just in Time (JIT). Questi tre concetti sono tra loro molto legati in quanto TPM è parte integrante del TQM e il JIT non si può implementare senza TPM [13].

2.3.2 Total Quality Management (TQM)

Il Total Quality Management è un modello organizzativo che punta ad assicurare che l'organizzazione riesca ad incontrare e soddisfare in modo consistente le richieste del mercato. Per riuscire in questa impresa, sono necessarie una buona pianificazione e programmazione, tempo e risorse.

Il TQM si basa sulle seguenti pratiche e principi:

- 1. Coinvolgimento ed impegno da parte del top management.** Deve essere infatti presente una forte Leadership da parte della direzione che deve credere ed essere coinvolta nell'applicazione della metodologia.
- 2. Focus sul cliente.** L'obiettivo dell'organizzazione deve essere quello di soddisfare sempre le richieste del mercato.
- 3. Educazione e training.** La formazione ha un ruolo chiave, perché abbia successo il TQM, tutte le risorse devono avere una preparazione culturale adeguata.
- 4. Miglioramento continuo ed innovazione.**
- 5. Management dei fornitori.** Includendo la gestione delle relazioni, della qualità e della collaborazione.
- 6. Coinvolgimento degli impiegati.**
- 7. Management dei processi produttivi.**
- 8. Qualità nei dati riportati.** È importante, infatti, che gli sforzi impiegati per ottenere i dati, si trasformino in possibilità di miglioramento. Non possono diventare uno spreco di tempo e risorse.

9. Policy deployment (Hoshin Kanri). Metodo per garantire che gli obiettivi strategici aziendali siano guidati dai processi e dalle azioni svolte su tutti i livelli. La strategia di deployment deve farsi tanto più dettagliata e circostanziata, quanto più sono bassi i livelli di management ai quali si rivolge [14].

Il TQM è un'evoluzione del Total Quality Control (TQC) in quanto non include solo il processo di controllo della qualità, ma anche tutti gli aspetti gestionali che lo riguardano. In queste metodologie, è fondamentale anche il Controllo inteso come controllo di processo.

2.3.3 Just in time (JIT)

È un Sistema di produzione, messo a punto da Taiichi Ohno, che mira all'eliminazione di ogni attività che non apporta valore e creare quindi un modello di produzione "snello", sufficientemente flessibile ed in grado di rispondere efficacemente alle fluttuazioni della domanda di mercato. Alcuni concetti chiave del JIT sono:

- **Takt time.** Tempo massimo per produrre un'unità di prodotto per essere sincronizzati con la cadenza degli ordinativi dei clienti;
- **Cycle time.** Tempo effettivo impiegato per produrre un'unità;
- **Flusso unitario.** Produzione in modalità pull;
- **Jidoka.** La traduzione in italiano è autonomazione. Termine che rappresenta sia automazione che autonomia. Sta ad indicare la capacità di gestire in autonomia i processi produttivi utilizzando anche macchinari altamente specializzati per ridurre i difetti e le attività a non valore aggiunto;
- **Riduzione dei tempi di set-up.**

Per riuscire ad applicare efficacemente il JIT, e quindi ridurre i costi e garantire tempi di consegna puntuali e competitivi, sono fondamentali le attività di Kaizen in modo continuativo sul Gemba, così da eliminare gradualmente le operazioni a non valore aggiunto.

2.3.4 Total Productive Maintenance (TPM)

Mentre il TQM cerca di migliorare la performance e la qualità complessiva nella gestione dell'organizzazione, il TPM ha l'obiettivo di migliorare la qualità delle attrezzature, macchine, impianti, ecc. Tale scopo, si può raggiungere creando un sistema permanente di manutenzione preventiva alla quale partecipano tutte le risorse dell'azienda.

I suoi principi chiave sono i seguenti:

1. **Coinvolgimento dei dipendenti.** Coinvolgere tutti i dipendenti nella manutenzione degli impianti e nell'identificazione dei problemi e delle opportunità di miglioramento;
2. **Manutenzione preventiva.** Effettuare la manutenzione degli impianti in modo regolare e preventivo, cercando di evitare che si verifichi un guasto.
3. **Miglioramento continuo.** Costante ricerca di migliorare la manutenzione degli impianti e delle attrezzature per aumentare l'efficienza e la produttività.
4. **Coinvolgimento dei fornitori.** Coinvolgere i fornitori nella manutenzione degli impianti e delle attrezzature per garantire la qualità delle parti e dei materiali.

Si può affermare che il TPM è per le attrezzature utilizzate nel ciclo produttivo ciò che il TQM è per i membri dell'azienda. Questa tecnica produttiva è figlia di Seiichi Nakajima, direttore tecnico in Toyota, il quale la ideò ispirandosi al suo periodo di lavoro negli Stati Uniti dove ebbe l'occasione di osservare le tecniche americane di manutenzione preventive, di life cycle cost, ecc. In Italia, la prima azienda ad applicare il TPM è stata la Fiat nel 1985.

Per riuscire ad implementare questa metodologia, si devono seguire quattro fasi che prevedono la collaborazione sia degli operatori di linea che del personale tecnico:

1. **Identificazione dei problemi.** Gli operatori di produzione identificano i problemi e le inefficienze degli impianti.
2. **Analisi delle cause.** Il personale tecnico analizza le cause dei problemi e determina le possibili soluzioni.
3. **Implementazione delle soluzioni.** L'organizzazione implementa le soluzioni proposte, come l'aggiornamento dell'attrezzatura o la modifica dei processi produttivi.
4. **Valutazione dell'efficacia.** L'organizzazione valuta l'efficacia delle soluzioni implementate e misura i risultati.

Dal 1964 è inoltre possibile per le aziende che implementano questa metodologia, ottenere l'ambito riconoscimento chiamato TPM Excellence Award assegnato ogni anno dal Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) [15][16].

2.3.5 Struttura del WCM

L'organizzazione del lavoro e la gestione delle risorse sono concetti chiave nel WCM. Questa metodologia prevede uno schema a pilastri (pillars) che descrive le principali aree funzionali presenti in un'azienda (Figura 8). Per ognuno di questi, è prevista una metodologia composta da sette step per portare l'organizzazione da uno stato reattivo, in cui si reagisce quando nasce un problema, ad uno preventivo per evitare che si ripetano eventi problematici già affrontati. L'ultimo stato da raggiungere per l'organizzazione è quello proattivo in cui, dopo un'analisi di Risk Assesment, si trovano e si attuano azioni correttive per evitare che si verifichino problemi per l'azienda e per i suoi lavoratori.

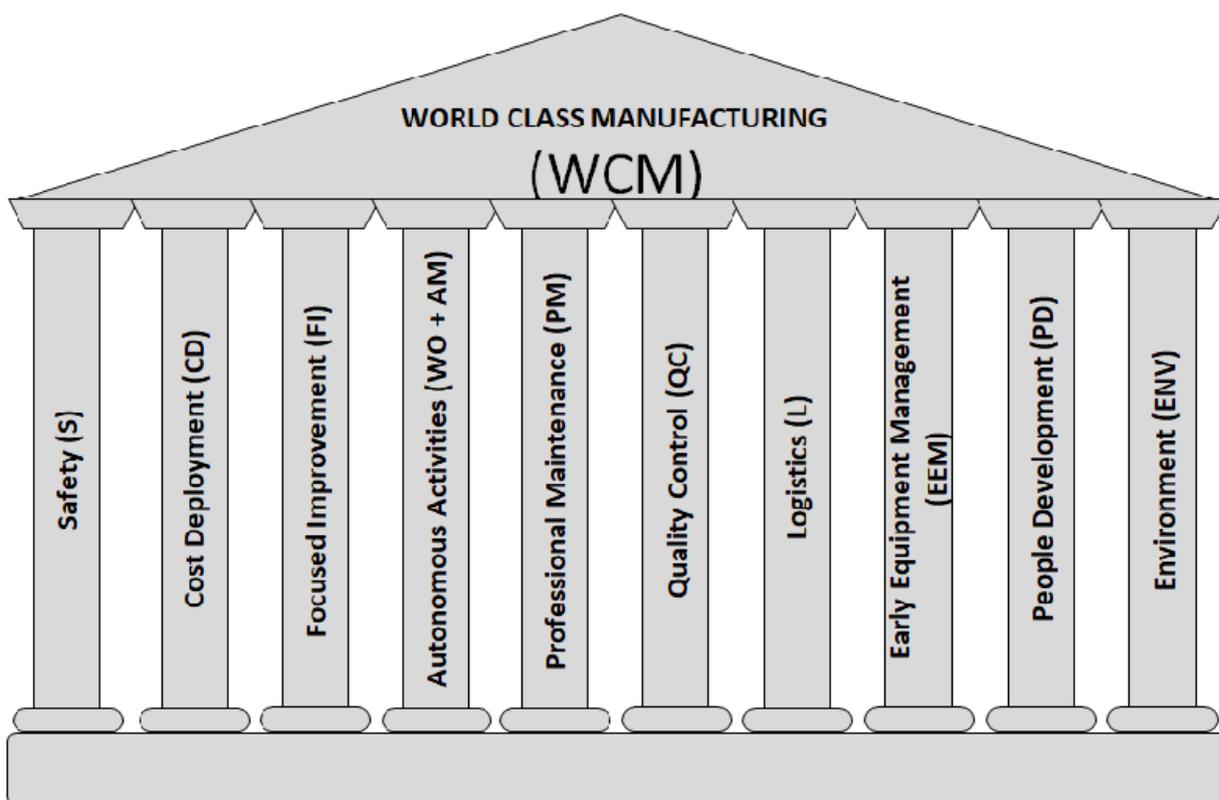


Figura 8 Schema a pilastri descrittivo del sistema WCM [17]

Tornando a parlare della struttura, la teoria WCM, prevede dieci pilastri tecnici che sono i seguenti:

1. Safety (S)

Lo scopo principale di questo pillar è di garantire un miglioramento nell'ambiente di lavoro tramite l'eliminazione, o comunque la minimizzazione, delle possibili cause di incidenti ed infortuni del personale.

Le principali attività svolte sono:

- Analisi degli eventi;
- Identificazione e valutazione dei rischi;
- Audit interni;
- Miglioramenti tecnici su macchine e su postazioni di lavoro;
- Formazione, addestramento e controllo.

I sette step relativi al Safety Pillar iniziano con uno studio sugli infortuni, medicazioni e sulle relative cause radice. Passando allo stato preventivo, si cercano contromisure in grado di evitare che tali eventi si verificino nuovamente.

Per raggiungere questo obiettivo, è necessario il coinvolgimento delle risorse su tutti i livelli. È compito di questo pillar infatti, formare il personale su quali sono i comportamenti da evitare. Gli ultimi step invece prevedono la definizione di standard di sicurezza e relativa implementazione.

2. Cost Deployment (CD)

Pillar che punta a creare un programma di riduzione dei costi che si basi sulla collaborazione tra risorse appartenenti all'area produttiva con personale del controllo finanziario. In particolare, cerca di trovare le relazioni tra fattori di costo e, molto importante, ha il compito di individuare sprechi e perdite dell'organizzazione (es. difettosità, ritardo nell'approvvigionamento del materiale, ecc.) e di ridurle il più possibile. Questo pillar assume un ruolo chiave anche nella gestione dei progetti e nella loro classificazione sulla base dell'analisi B su C (Beneficio su Costo).

3. Focused Improvement (FI)

Definisce gli strumenti da usare per attaccare le perdite e supporta nella loro applicazione. Per farlo, lo strumento principalmente utilizzato dal FI è il ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). La prima fase, PLAN, consiste nello stabilire un obiettivo di miglioramento e nell'ideare un piano operativo che possa permetterne il conseguimento. Le seguenti due invece, implementano il suddetto piano (DO) e verificano che l'andamento sia in linea con quanto ci si aspetta (CHECK). Il ciclo termina con la fase di ACT che ha il compito di elevare a standard le nuove procedure analizzate o di reagire in caso di inefficacia e ricominciare il ciclo dal PLAN. Il PDCA non è fine a sé stesso ma è uno strumento da utilizzare in modo continuativo. Lo *status quo* non è mai da considerarsi soddisfacente ed è compito di questo pillar, dare gli input e gli strumenti per puntare ad un miglioramento continuo [15].

Nella teoria WCM si distingue lo spreco, sovra-utilizzo di una risorsa, dalla perdita che invece è l'utilizzo errato degli input.

Un esempio che serve a chiarire questa differenza è il seguente: spreco = continuare a versare acqua in un bicchiere già pieno, quindi fornire più input e ottenere più output rispetto al necessario; perdita = versare acqua in un bicchiere con dei fori, non raggiungere l'output target con un dato input.

FI cerca di diffondere il più possibile i tools e le conoscenze necessarie a lavorare nel modo più efficiente possibile e svolge attività quali efficientamento degli impianti, formazione per sviluppare un'attitudine al miglioramento, riduzione dei tempi di set-up, ecc.

4. Autonomous Maintenance & Workplace Organization (AM/WO)

AM si occupa dei macchinari e degli impianti e cerca di ridurre al minimo le perdite dovute al loro deterioramento. Il focus del WO invece è sulle persone e ha l'obiettivo della riduzione delle perdite dovute però all'organizzazione delle postazioni di lavoro.

Uno dei target principali di questo pillar è l'eliminazione di *Muda*, *Mura* e *Muri* (3M). Questi concetti vengono dal giapponese ed indicano rispettivamente: le *attività che non apportano valore*; la *variabilità* che si può tradurre come mancanza di stabilità e di affidabilità dei processi ed infine il *sovraccarico* dovuto a disergonomie che comportano spreco di tempo ed energie [18]. Oltre a cercare di minimizzare le 3M, per migliorare la produttività, questo pillar si occupa anche dell'attacco delle fonti di sporco, della riduzione dell'handling dei materiali, di creare un sistema di controllo delle anomalie, separare il lavoro umano da quello delle macchine e di creare postazioni di lavoro ergonomiche che permettano all'operatore di lavorare nel modo più consono alla mansione da svolgere.

Per raggiungere questi risultati, il WCM ha predisposto i 7 step del WO da seguire (Figura 9), che sono i seguenti:

1. Pulizia iniziale ed ispezione
2. Riordino del processo
3. Creazione e mantenimento degli standard iniziali
4. Formazione sulle caratteristiche del prodotto
5. Forniture dei materiali in JIT
6. Miglioramento degli standard
7. Sequenze di lavoro standard

I primi 3 step fanno parte dello stato reattivo, dal 4 al 6 ci si trova in quello preventivo e con l'ultimo nel proattivo.

WO 7 steps

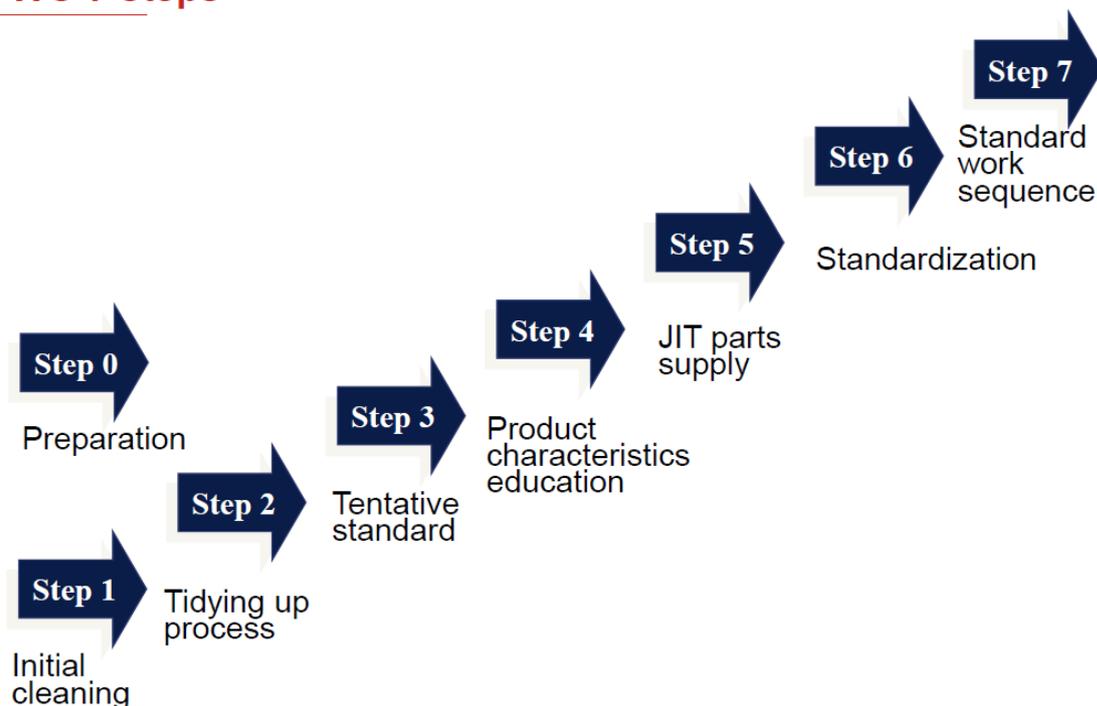


Figura 9 | 7 step relativi al pillar WO [19]

Dopo aver seguito e superato con successo i 7 steps, ci si aspettano come risultati l'eliminazione di perdite di manodopera e di materiali, l'incremento della qualità del prodotto e della produttività, costi di processo adeguati, ergonomia e sicurezza del lavoro, clima e motivazione del personale migliorati.

5. Professional Maintenance (PM)

Questo pilastro si occupa della pianificazione della manutenzione in modo da far sì che questa avvenga ancora prima che un eventuale problema si verifichi, riducendo così i rischi per lo stabilimento. Gli obiettivi principali di questo pillar sono la massimizzazione dell'efficacia degli impianti e delle linee di produzione per riuscire a minimizzare gli interventi di manutenzione straordinaria che comportano costi spesso elevati e fermi linea (alto costo per l'azienda).

6. Quality Control (QC)

Si occupa di formare e migliorare le conoscenze degli operatori, con il fine di identificare ed eliminare le non conformità nei processi aziendali. Il suo obiettivo principale è perseguire la massima qualità per il cliente, minimizzando i costi.

È importante sottolineare che per quanto l'attività di controllo qualità non sia a valore aggiunto, è comunque essenziale in quanto in grado di individuare difetti e non conformità che altrimenti rischierebbero di passare inosservate. Fondamentale per questo pillar, è la creazione di standard operativi per raggiungere e mantenere la condizione di "ZERO" difetti.

7. Logistics (L)

Pillar che mira a definire flussi snelli, precisi e controllati. Alcuni dei KPIs principali che si tengono sotto controllo sono i Lead Time e il Livello di servizio al cliente (qualità nelle consegne, puntualità, ecc.). L'obiettivo principale è la ricerca della sincronizzazione tra la produzione e le richieste del cliente con un'attenzione sempre sui costi di gestione del materiale (movimentazione, inventario, ecc.). Le attività svolte dal pillar LOG cercano di permettere l'evasione tempestiva degli ordini, la riduzione dello stock, dei danneggiamenti e obsolescenza dei materiali ed infine, un incremento delle competenze logistiche di stabilimento.

8. Early equipment and Product Management (EEM/EPM)

EEM si occupa dell'acquisto e dell'installazione di nuovi impianti mentre il secondo (EPM) dell'avviamento in produzione di nuovi prodotti. È importante avere tempi di start-up e di set-up rapidi e, per riuscire in questo intento, bisogna essere in grado di gestire i rapporti con progettisti e fornitori. Il focus di questo pillar è quindi sugli impianti che devono essere affidabili, manutenibili, puliti e a bassa rumorosità. È ovviamente importante che riescano a garantire un'elevata qualità del prodotto con un Lyfe Cycle Cost (costo economico dell'intero ciclo di vita) contenuto.

People Development (PD)

Attraverso un sistema di training strutturato, fornisce competenze e skill in ogni workplace. I suoi obiettivi sono il raggiungimento di un controllo efficace da parte dell'operatore sui processi, perseguire il miglioramento continuo formando e aggiornando il personale, ridurre il rischio di incidenti e creare un clima lavorativo positivo e motivato.

Le principali attività svolte sono le seguenti:

- **Identificazione delle competenze:** si identificano le competenze necessarie per le attività produttive e i ruoli specifici all'interno dell'organizzazione;
- **Formazione:** Il PD si occupa di offrire formazione ai dipendenti per sviluppare le competenze necessarie per i loro ruoli specifici e per migliorare la conoscenza generale dell'organizzazione.
- **Valutazione delle competenze:** l'organizzazione valuta le competenze dei dipendenti per identificare eventuali lacune e sviluppare piani di formazione mirati per colmarle.
- **Motivazione e coinvolgimento:** l'organizzazione lavora per motivare e coinvolgere i dipendenti, al fine di migliorare la produttività e la soddisfazione lavorativa.
- **Comunicazione e collaborazione:** il PD incoraggia la comunicazione e la collaborazione tra i dipendenti, al fine di migliorare la produttività e la qualità del lavoro.

Environment (ENV)

Include anche il pilastro Energy. Analizza e cerca di ridurre il più possibile gli impatti ambientali ed energetici del sito produttivo. Dalle attività svolte ci si aspetta una riduzione dei consumi, della generazione di sostanze inquinanti e di rumore. Inoltre, si cerca di perseguire un aumento delle quote di riciclo, un miglioramento dell'ambiente di lavoro e l'eliminazione, o comunque la minimizzazione, delle condizioni per potenziali incidenti ambientali. Per raggiungere questi risultati, il pillar ENV svolge audit interni periodici, applica le normative (ISO ecc.) ed esegue formazione e addestramento del personale [20].

3. Le Tecniche

3.1 Yamazumi Chart

Yamazumi in giapponese vuol dire “impilare” e come si nota dal Figura 10 sono infatti impilati dei blocchi di attività, in blu le VA, in giallo le SVA e in rosso le NVA.

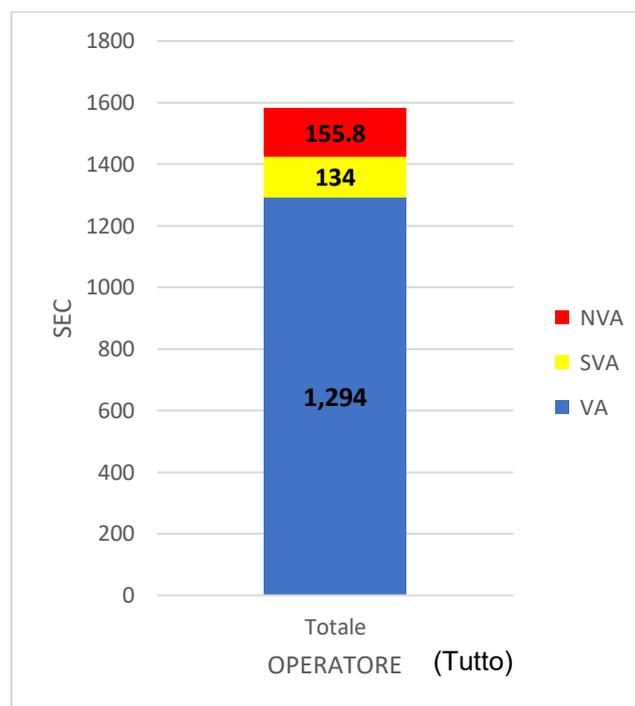


Figura 10 Diagramma di Yamazumi

Questi diagrammi sono un rapido strumento per fotografare la situazione lavorativa in cui ci si trova e riescono ad evidenziare eventuali sbilanciamenti nei processi. Nella logica Lean e secondo le linee guida del WCM, l'obiettivo è di minimizzare le NVA e fare in modo che la maggior parte delle operazioni svolte siano a valore aggiunto per il cliente finale.

Yamazumi non è quindi uno strumento che propone azioni migliorative ma è fondamentale per visualizzare la situazione in cui ci si trova. Il grafico può essere composto da una sola colonna che rappresenta l'intera linea oppure da tanti blocchi per quante sono le postazioni di lavoro lungo essa in base al livello di dettaglio dell'analisi da svolgere.

3.2 5S

3.2.1 Introduzione alle 5S

Si possono definire come le fasi del corretto housekeeping della postazione di lavoro. L'applicazione delle 5S serve a creare in tutte le persone dell'organizzazione, l'abitudine mentale a mantenere pulita e ordinata la propria postazione realizzando piccoli ma continui miglioramenti nelle condizioni lavorative. Inoltre, un altro obiettivo è il miglioramento della produttività e della qualità tramite la riduzione dei tempi di ricerca e l'eliminazione di attività che non aggiungono valore.

3.2.2 SEIRI

La traduzione in italiano è Separare. In questa prima fase, la persona incaricata di compiere questa attività, separa tutto il materiale non necessario (come macchine o tools non utilizzati, pezzi difettosi, ecc.) dal necessario all'operatività quotidiana. Tale lavoro deve essere inizialmente svolto postazione per postazione per poi essere esteso all'intero stabilimento produttivo. Sul piano pratico, le aziende hanno modi diversi di operare il SEIRI; in questa prima descrizione verrà presentata la modalità di attuazione più generale e conosciuta. Nella sezione di tesi in cui si presenta il caso empirico di applicazione 5S nel periodo di tirocinio invece, si noterà che possono esserci alcune differenze minime da quanto descritto in questa prima parte.

Secondo quanto riportato da alcuni studi, è possibile seguire una procedura composta dai seguenti quattro step:

1. Identificare l'area di azione e fare foto pre-intervento;
2. Creare un'area di quarantena dove posizionare il materiale non necessario per circa 30 giorni. Dopo tale periodo si può procedere ad una ricollocazione di tali oggetti, che non sia la postazione di lavoro dove sono stati trovati;
3. Mettere dei tag su tutto ciò che non è necessario all'operatività quotidiana, registrare i dati ed eliminare o spostare in quarantena tutto ciò che è stato etichettato;
4. Fare foto post-intervento.

Quando si eseguono questi step, è fondamentale la collaborazione da parte degli operatori di linea che occupano abitualmente la postazione di lavoro in stato di analisi. Saranno loro, infatti, a consigliare alla persona incaricata, su cosa posizionare il tag e su cosa no. Nei casi dubbi, si deve comunque procedere con l'etichettatura. Se l'operatore di linea, o anche il Line Manager, denota la presenza di un tag su un materiale da lui ritenuto necessario, dovrà in primis dimostrarne l'utilità e solo allora, la persona incaricata del monitoraggio dell'attività di SEIRI, valuterà l'eventuale rimozione dell'etichetta [21][15].

3.2.3 SEITON

Letteralmente “Mettere in ordine”; questa seconda attività mira a classificare gli oggetti secondo la loro modalità d’uso e la relativa frequenza così da definirne una disposizione tale da minimizzare i tempi e gli sforzi dedicati ad un’eventuale loro ricerca. Anche qui, per guidare l’applicazione, sono stati definiti alcuni step [15]:

1. Fare foto pre-intervento
2. Implementare i cambiamenti
3. Segnare le zone creando indirizzi per gli items usando etichette, codificare a colori
4. Fare foto post-intervento

3.2.4 SEISO

Seiso si può tradurre con pulizia e controllo. È importante fornire agli operatori incaricati di svolgere le pulizie, tutti gli attrezzi. In base alla conformazione della postazione, infatti, possono essere utili strumenti diversi. Dopo l’attività di rimozione dello sporco, gli operatori assistiti dal line leader, devono posizionare il materiale utilizzato in apposite aree definite. La persona incaricata del monitoraggio e del coordinamento dell’attività deve eseguire una mappatura delle fonti di sporco così da poter definire un layout in cui vengono indicate sia le aree in cui posizionare i tools per la pulizia una volta terminato il loro utilizzo, che le zone in cui poter gettare i rifiuti.

I sette step da seguire per svolgere questa attività nel modo corretto sono i seguenti:

1. Definire “Pulizia” (cosa si vuole intendere);
2. Procurare tools per la pulizia;
3. Fare foto pre-intervento;
4. Eseguire la pulizia dell’ambiente di lavoro;
5. Identificare le forme di sporco;
6. Definire il layout per gli strumenti di raccolta rifiuti (scope, bidoni, palette, ecc.);
7. Fare foto post-intervento.

3.2.5 SEIKETSU e SHITSUKE

La pulizia e l’ordine creato devono essere mantenute nel tempo, bisogna quindi Standardizzare, Disciplinare e Mantenere. Le attività fatte fino a questo quarto step devono entrare nelle abitudini di ogni operatore. Si sono definiti 3 step per riuscire ad ottenere una buona esecuzione di questa tecnica.

1. Brainstorming di idee per capire come fare in modo che le attività di 5s diventino standard operativi;
2. Aggiornare i documenti per riflettere quelli che sono stati i cambiamenti;
3. Fare in modo che tutti gli shareholders siano consapevoli di quanto fatto. Informare e educare.

Dopo aver applicato con successo la tecnica delle 5S, è fondamentale monitorare nel tempo quanto fatto. Spesso nelle aziende il problema si verifica al termine del periodo di massima attenzione alle 5S, cala infatti l’attenzione e si perdono tutti i progressi fatti.

Per questo motivo sono necessari degli audit con cadenza fissa per mantenere un livello di controllo e attenzione sulle aree trattate. Questi incontri sono anche l'occasione per proporre ed attuare soluzioni migliorative a problemi non risolti o non precedentemente identificati [22].

3.3 Poka-Yoke

Termine che tradotto dal giapponese vuol dire “a prova di errore” o “prevenzione dell’errore di distrazione”. Questa tecnica mira a trovare soluzioni intelligenti per fare in modo che l’operatore non sia in condizione di compiere errori, o perché non è possibile sbagliare o perché l’errore è immediatamente rilevabile. A titolo di esempio si cita la pompa di rifornimento del diesel che è stata progettata con un diametro maggiore del foro di rifornimento delle macchine alimentate a benzina [23].

Shingeo Shingo, ingegnere della Toyota, fu il primo ad utilizzare il termine Poka-Yoke negli anni '60 come derivato di due parole giapponesi, POKA (errori) e YOKERU (evitati). Lo sforzo dell’organizzazione che decide di attuare il Poka-Yoke non sempre porta all’eliminazione dell’errore. Per natura, infatti, questo non è sempre possibile. Dal momento in cui si ha un operatore a svolgere attività produttive, l’errore di distrazione prima o poi è inevitabile. L’importante è quindi cercare di evitare che tale sbaglio si trasformi in difetto; quindi, le risorse devono essere impegnate a cercare e applicare contromisure lì dove si genera l’errore. Tornando all’esempio della pompa del diesel citato in precedenza, non è possibile pensare che esista una tecnica in grado di fare sì che la persona sappia sempre che tipo di carburante usare o che non sbagli, magari per distrazione, a prendere una pompa piuttosto che l’altra. Si è trovata quindi la contromisura che impedisca la trasformazione dell’errore umano in difetto, o in questo caso, in danno [24].

3.4 SMED

Anche questa tecnica è nata da un'esigenza di Shingeo Shingo nel contesto produttivo della Toyota degli anni '60. Egli aveva l'obiettivo di ridurre i tempi per il cambio produzione da una tipologia di pezzo ad un'altra. Essendo causa di fermi linea e di attività a non valore aggiunto, è stato ideato il Single Minute Exchange of Dies (SMED) che tradotto in italiano è "cambio stampo in un singolo digit". Lo SMED, quindi, è l'insieme delle attività che mirano a velocizzare lo switch produttivo tra due modelli che richiedono un utilizzo di tools o parametri di collaudo (o altre caratteristiche delle postazioni di lavoro della linea produttiva) differenti. L'attrezzaggio delle linee è un'attività critica per le aziende che nasce dall'esigenza di avere una linea produttiva non dedicata ad un unico prodotto ma che si occupa di lavorare una moltitudine di modelli differenti. Ogni interruzione della produzione è sia un ostacolo all'efficienza che un costo per le organizzazioni. Il tempo a cui si fa riferimento, rappresentato in Figura 11, è quello che intercorre tra l'istante in cui viene prodotto l'ultimo pezzo appartenente ad una famiglia e l'istante in cui si termina il primo della famiglia successiva.



Figura 11 Tempo improduttivo ridotto dato dal cambio produzione [25]

L'obiettivo è quindi quello di cambiare tutti i tools differenti e predisporre la linea alla produzione di un modello differente [26].

3.4 Kanban

Il Kanban è uno strumento utilizzato per la programmazione e regolazione della produzione ideato e sviluppato da Taiichi Ohno. L'ingegnere giapponese prese ispirazione da un supermercato durante un viaggio negli Stati Uniti nel 1956 quando gli venne un'intuizione geniale. Il funzionamento di questa tecnica prevede che il processo a valle (cliente) procede verso quello a monte (supermercato) per richiedere e acquistare i pezzi (merce) nei tempi e nelle quantità desiderate. È quindi una logica pull che guida la produzione e l'asservimento della linea. Questa tecnica cerca di contenere e ridurre le scorte, sviluppare la gestione a vista (molto importante nei contesti aziendali), eliminare i tempi morti e semplificare le procedure di asservimento. Per riuscire in una buona applicazione ci sono alcuni punti chiave che devono verificarsi. In particolare, è necessario che la produzione segua lotti di piccole dimensioni, o comunque multipli di un numero definito da chi pianifica la produzione; che ci siano tempi di allestimento dei macchinari brevi (SMED) e che gli operatori siano coinvolti direttamente nello stato di avanzamento della produzione. In questa tesi verrà presentato il funzionamento classico di un sistema Kanban per poi approfondirlo con un caso pratico che ne rappresenta una sua possibile applicazione. Letteralmente questa parola giapponese si può tradurre con "segnale" o "cartellino" in quanto la sua classica struttura prevede la presenza di schede (o cartellini) su cui sono presenti in genere il nome del fornitore, il luogo di consegna, la quantità contenuta nel contenitore, ecc. che vengono utilizzati come segnali per la produzione o per il rifornimento. In alternativa ai cartellini, si utilizzano anche i "Quadrati Kanban" o il sistema a contenitori. Il primo di questi consiste nella presenza di riquadri verniciati sul pavimento o su un banco di lavoro per evidenziare l'area di stoccaggio.

Quando tale spazio è vuoto, la produzione a monte è autorizzata a produrre per riempire il riquadro. Nel secondo sistema presentato invece, è il contenitore stesso a fungere da segnale, quando è vuoto deve essere riempito. Nelle parti successive di questa tesi si presenterà un'applicazione della teoria Kanban che utilizza dei carrelli come segnale per la produzione [10][20][27].

4. I casi empirici

4.1 Introduzione ai Casi Empirici

Dopo aver presentato le teorie che guidano le filosofie del WCM e della Lean Manufacturing, si passa ora ad una descrizione delle attività svolte durante il periodo di tirocinio nella sede di Albacina.

L'obiettivo è quello di mostrare al lettore alcune possibili modalità di applicazione delle tecniche precedentemente descritte per fornire spunti utili sia in ambito accademico che lavorativo.

Le attività riportate nel lavoro di tesi riguardano due linee produttive successivamente descritte. Durante l'intero svolgimento delle attività, il tirocinante ha sempre avuto il supporto del suo tutor aziendale e del team di industrializzatori di Albacina.

Per motivi di riservatezza di informazioni, non si parlerà nel dettaglio delle fasi di assemblaggio e delle componenti trattate, ma si forniranno le indicazioni necessarie a mostrare con chiarezza gli obiettivi e i risultati ottenuti mediante l'applicazione delle tecniche WCM e LM.

WH NEW

4.1.1 Descrizione della WH NEW

Nell'area produttiva dedicata alle unità interne delle pompe di calore (IDU), sono presenti due linee Wall Hung (WH) che producono appunto pompe di calore destinate ad essere appese ad una parete. In particolare, si tratta di WH NEW e WH OLD. Quest'ultima era inizialmente l'unica linea dedicata al prodotto finito in questione; nel tempo però, il mercato, ha richiesto volumi maggiori ed è quindi stato necessario progettare un'ulteriore linea di produzione che fosse in grado di soddisfare la domanda. Per raggiungere tale scopo è stata creata la linea WH NEW, caratterizzata da una maggior lunghezza e da un diverso funzionamento che permette una maggiore capacità produttiva rispetto alla precedente. La linea WH OLD ha quindi smesso di essere produttiva per mesi ed è stata invece utilizzata per eseguire dei recuperi e degli step produttivi denominati Hard Tool (HT) che consistono nell'assemblare una macchina da zero e studiarne le caratteristiche prima della messa in produzione. Durante il periodo di tirocinio però, visti i volumi richiesti sempre maggiori, si è reso necessario un revamping della stessa per renderla nuovamente adatta a produrre. Le attività compiute a riguardo non verranno presentate nel lavoro di tesi poichè si è preferito descrivere l'attività di revamping della linea Floor Standing (FS) in quanto più inerente ai temi trattati.

La linea WH NEW, in Figura 12, è composta da un nastro trasportatore automatizzato posizionato ad un'altezza di circa 750 mm da terra, sopra il quale l'operatore piazza inizialmente il telaio del prodotto.

Questa componente è la prima trattata in fase di assemblaggio e rappresenta la parte della macchina che andrà, una volta giunta al cliente, a posizionarsi contro la parete. Lungo la linea, gli operatori, assemblano i componenti della macchina compiendo varie attività di montaggio ed eseguono alcuni collaudi arrivando infine all'imballo. Sulla WH NEW sono presenti 2 "girole" automatizzate, indicate in Figura 12, che permettono la rotazione di 180 gradi della pompa di calore, per permetterne la lavorazione sui diversi lati.

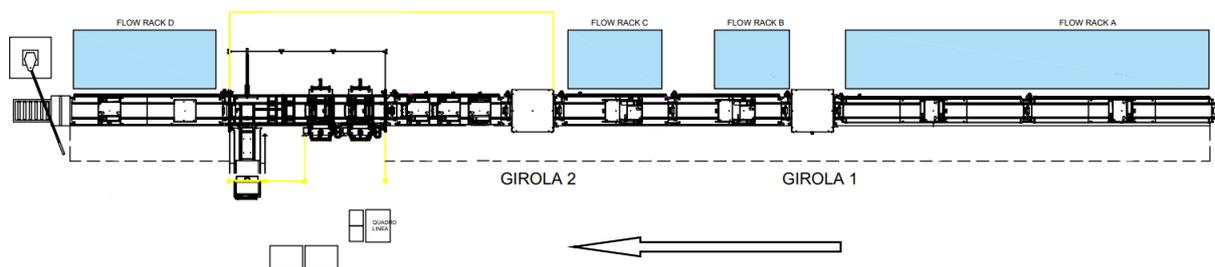


Figura 12 Linea produttiva WH NEW

Per quanto riguarda l'asservimento di materiali, sono presenti, come visibile nel layout in Figura 12, dei flow-rack per un *frontal feeding* che segue una logica vuoto-pieno. Il picker quindi inserisce nella rulliera con pendenza verso la linea le cassette piene (linea rossa in Figura 13) e ritira le vuote che vengono rese disponibili dalla rulliera con pendenza opposta (linea nera in Figura 13). Il lavoro di tesi si concentra sulla linea produttiva, quindi, non verrà approfondito il discorso relativo all'asservimento.



Figura 13 Vista sul flow-rack per il frontal feeding nella WH NEW

La WH NEW è nata per produrre la famiglia di pompe di calore che verrà denominata A ma, successivamente, è nata l'esigenza di produrvi anche la linea di prodotti B, con caratteristiche estetiche (FIGURA 14 e FIGURA 15) e di assemblaggio diverse.



Figura 14 Famiglia A della pompa di calore WH [28]



Figura 15 Famiglia B della pompa di calore WH[29]

Sono state quindi necessarie attività di adattamento della linea per rendere possibile la produzione di entrambe le famiglie. Le analisi eseguite e riportate nel lavoro di tesi riguardo alla WH NEW, fanno riferimento al modello più recente (B).

4.1.2 Bilanciamento, Yamazumi Chart e Kanban

Come descritto nella prima parte della Tesi, si è inizialmente eseguita una fotografia della situazione AS-IS che vede posizionati 6 operatori sulla linea, con i seguenti cicli di lavoro espressi in minuti (Figura 16):

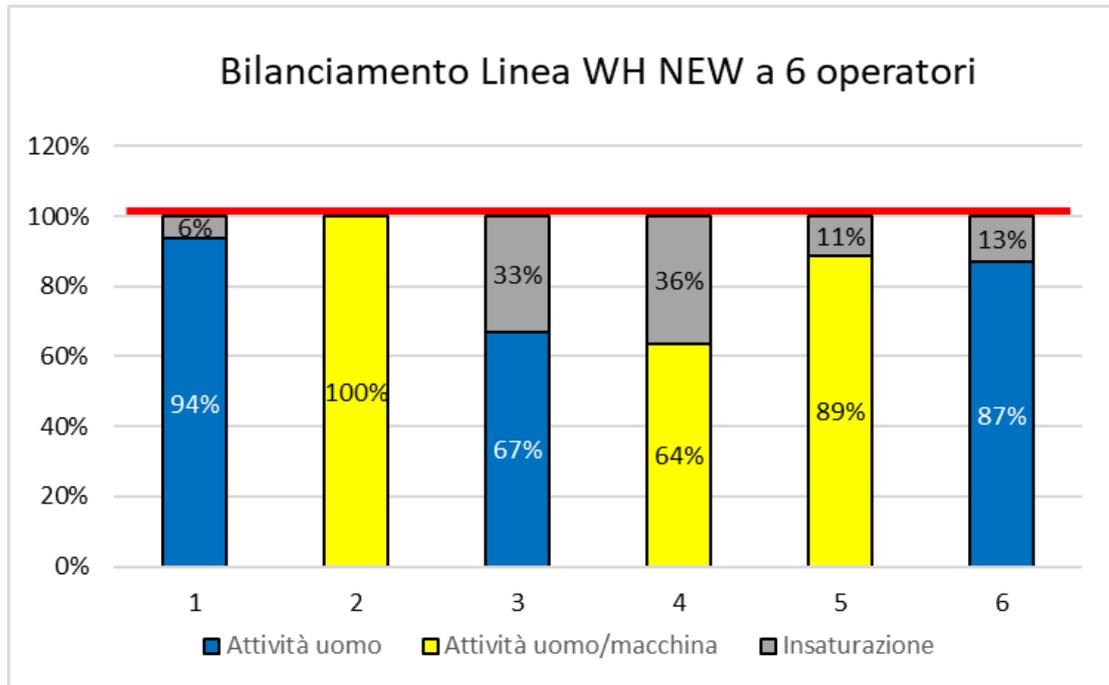


Figura 16 Bilanciamento a sei operatori

In blu sono rappresentate le attività svolte da uomo. In giallo quelle in cui è presente anche una o più operazioni svolte in collaborazione con impianti. In grigio è indicata l'insaturazione %, ovvero il tempo di inattività degli operatori in relazione al bilanciamento della linea. Il segmento rosso rappresenta il Takt Time di produzione, cioè ogni quanto la linea produce un pezzo.

In Tabella 1, si mostra la dashboard di controllo del bilanciamento. Questo schema riassume sinteticamente la situazione in cui si trovava la linea. Il Takt della linea era definito dal collo di bottiglia in seconda postazione. L'*Ideal Takt Time* è dato dal rapporto tra il tempo totale delle operazioni per completare una pompa di calore e il numero di operatori.

Questo indicatore serve a capire quale dovrebbe essere il Takt se la saturazione degli operatori fosse per tutti al 100%. Si utilizza una codifica che prevede un colore rosso per i valori di saturazione che vanno da 0 a 74%, giallo da 75 a 90% e verde da 91 a 100%. I restanti dati, *Pz/H Teorici* e *Pz/Turno Teorici* si ottengono rispettivamente dividendo i minuti in un'ora per il *Takt Time* e moltiplicando il valore così ottenuto per il numero di ore di lavoro in un turno, che al netto delle pause previste, sono 7.33h.

| | |
|-------------------------|---|
| Takt Time | Prende il tempo della postazione collo di bottiglia |
| Nr Operatori | 6 |
| Saturazione % | 83,3 % |
| Ideal Takt Time | Takt che massimizza la produttività della linea (0% di insaturazione) |
| Pz/H Teorici | 60 min/Takt Time |
| Pz/Turno Teorici | Pz/H Teorici * (Tempo di lavoro/turno) |

Tabella 1 Dashboard di controllo della tempificata

Entrando più nel dettaglio, si presentano le attività svolte in ogni postazione nel bilanciamento a sei operatori, ovvero quello utilizzato al momento dell'inizio del tirocinio. Per motivi di riservatezza, alcune informazioni non sono state riportate nel presente lavoro di tesi.

Nella Figura 17 sono visibili le postazioni in cui operano i 6 addetti della linea.

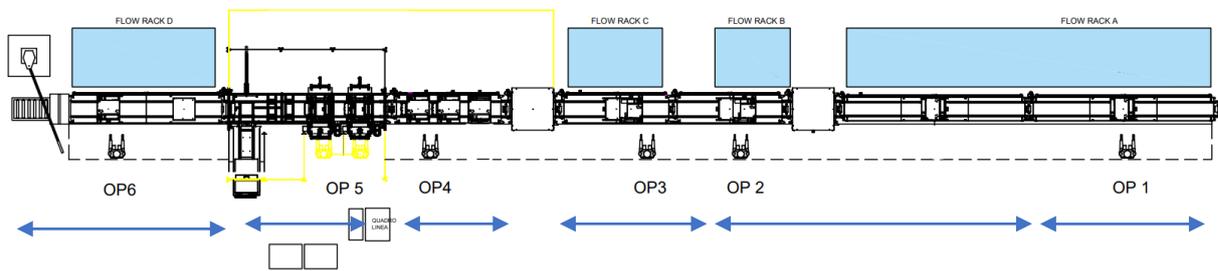


Figura 17 Linea WH NEW con operatori

OP1: Postazione in cui è l'operatore a svolgere tutte le attività. La sua area di azione va da inizio linea fino alla metà del primo tratto antecedente la girola. Il telaio è il primo componente lavorato e viene prelevato dall'operatore da un carrello apposito, visibile in Figura 18.

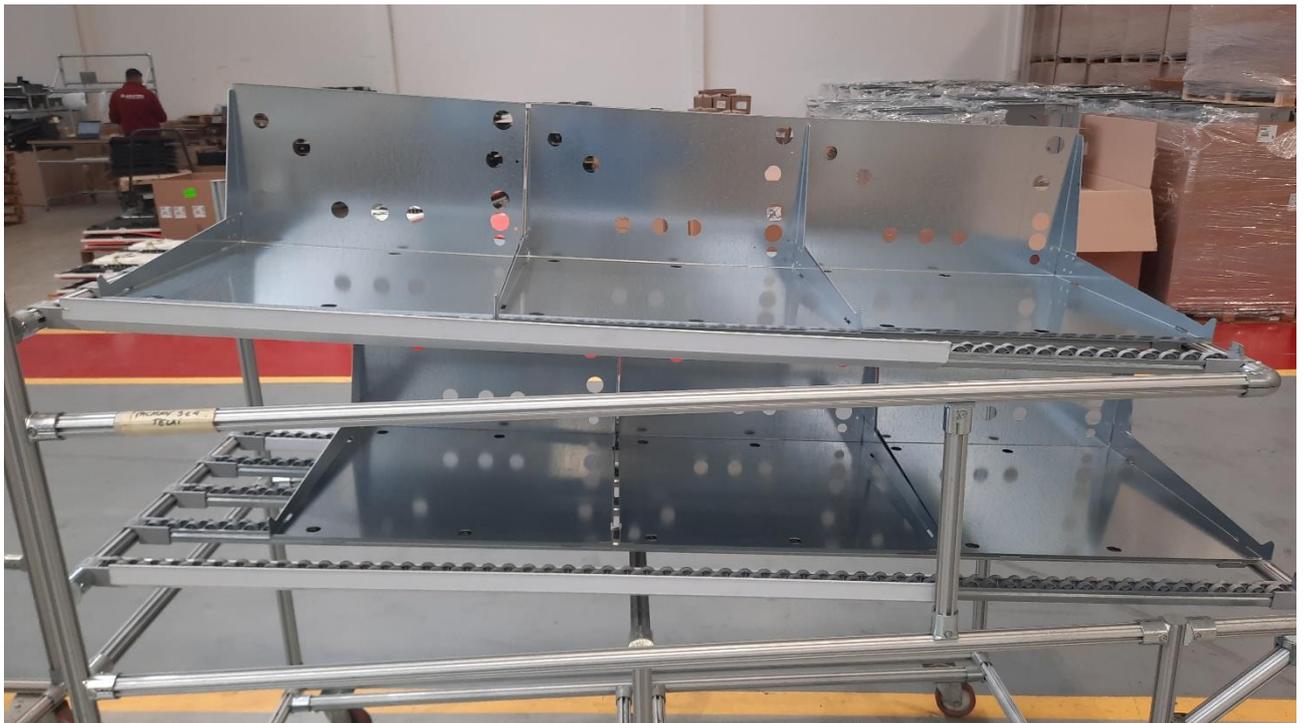


Figura 18 Rack per l'asservimento dei telai nella WH NEW

OP2: Postazione in cui l'operatore svolge attività di assemblaggio componenti e di avvio e controllo del primo collaudo della linea. Si tratta di un test ad aria per verificare eventuali perdite dovute a pezzi non conformi o a serraggi non ben eseguiti precedentemente. In questa postazione, come in tutte le altre dove è presente un impianto, è fondamentale che l'operatore esegua le operazioni di assemblaggio in "Tempo Mascherato", cioè in contemporanea all'esecuzione del test da parte dell'impianto. L'indicazione per chi fa i bilanciamenti, è di non assegnare all'operatore attività che lo portino lontano dal monitor di interfaccia con l'impianto poiché, se dovessero verificarsi errori che richiedono il suo intervento, la persona deve riuscire a risolverli il prima possibile per evitare che il tempo di collaudo si allunghi eccessivamente diventando eventualmente il collo di bottiglia. Il collaudo ad aria ha una durata di circa il 44% rispetto al Takt Time.

OP3: l'operatore si occupa del cablaggio della pompa di calore.

OP4: l'operatore in questa postazione, oltre alle proprie attività di assemblaggio, segue anche il collaudo elettrico svolto da un impianto che ha una durata pari a circa il 32% del Takt.

OP5: L'operatore lavora in una postazione in cui sono presenti due collaudi idraulici identici. La risorsa si occupa di eseguire l'attacco e lo stacco delle macchine all'impianto in tempo mascherato. Il tempo impiegato per eseguire il test su una pompa di calore è di circa 89% del Takt Time.

OP6: L'operatore in questa postazione si occupa dell'intera fase di imballaggio del prodotto finito.

Il grafico in Figura 19 mostra informazioni aggiuntive. Per ciascuna postazione, si possono osservare le colonne di colore giallo che indicano la durata delle attività svolte dagli impianti, le colonne in blu mostrano invece il tempo in % delle operazioni manuali rispetto al Takt Time.

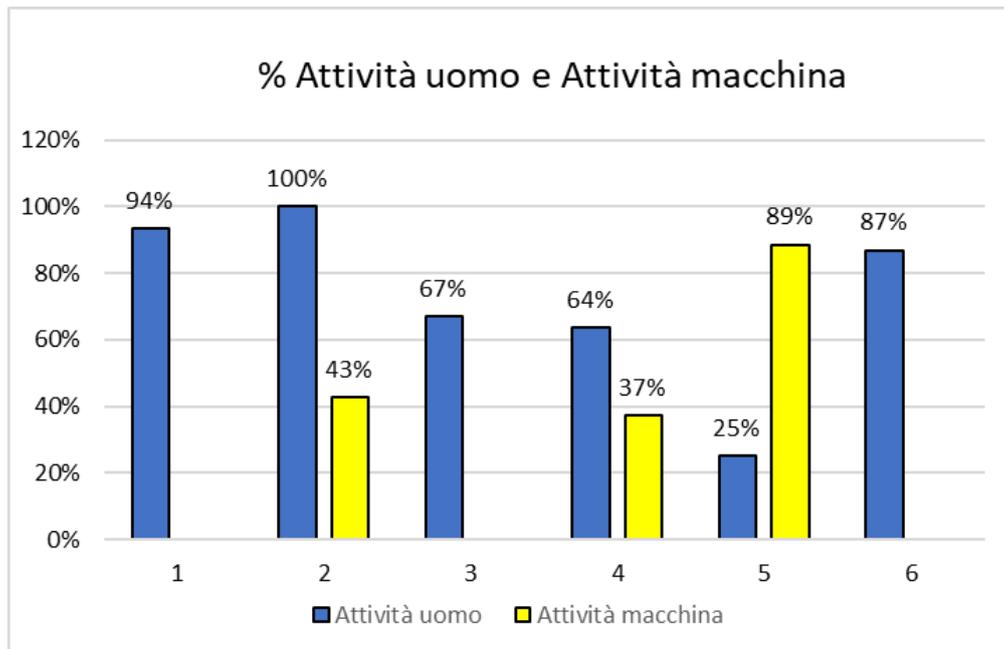


Figura 19 Attività uomo e attività macchina

Uno strumento molto utile, che accompagna questi grafici di bilanciamento, è il diagramma Yamazumi. In Figura 20 si può osservare la situazione della linea. Questi due modi di rappresentare la linea sono complementari in quanto forniscono informazioni sui tempi delle fasi di ogni postazione, sull'insaturazione e sul valore che le operazioni svolte in linea portano al cliente. Con tali dati è possibile svolgere un'analisi accurata.

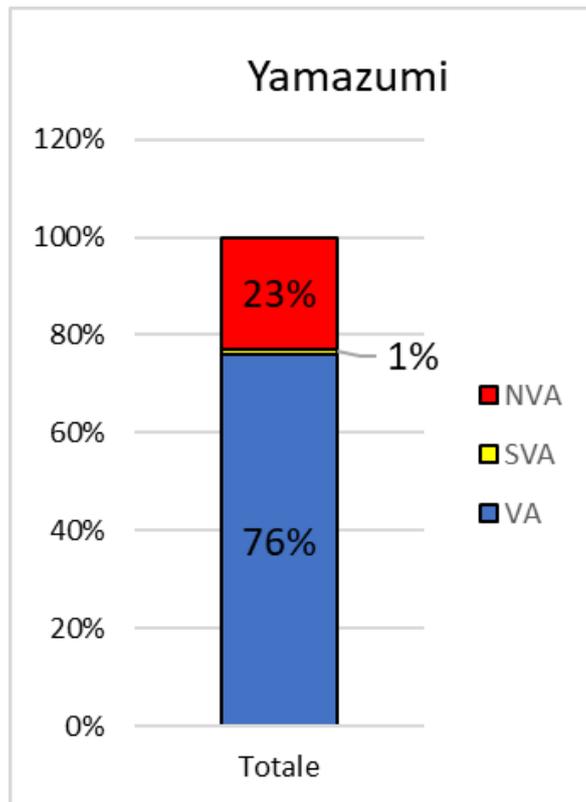


Figura 20 Diagramma Yamazumi della linea WH NEW con bilanciamento a sei operatori

Una volta studiata la situazione AS-IS a sei operatori, si sono aperte alcune opportunità per ribilanciare la linea cercando di minimizzare le attività a NVA. Da quanto appreso infatti, si è notata la possibilità di sfruttare meglio l'insaturazione degli operatori e il tempo macchina ancora disponibile.

Dopo aver raccolto informazioni sulle fasi di assemblaggio svolte in linea, l'attenzione si è anche rivolta verso i semilavorati utilizzati. In particolare, si è osservato che l'assieme porta, semilavorato che compone la parte frontale della pompa di calore, nella situazione a 6 operatori viene lavorato fuori linea e poi trasportato e stoccato su bancali posizionati vicino alla postazione dell'OP3, il quale monta il tutto sulla pompa di calore per poi eseguire il cablaggio.

Entrando più nel dettaglio, è prevista una persona per turno che produca il massimo numero di semilavorati e che si gestisca l'approvvigionamento e lo stoccaggio dell'assieme porta finito. In Figura 21 si mostra il flusso di materiali relativo a questa postazione.



Figura 21 Flusso dei materiali per la preparazione del semilavorato dell'assieme porta

Il flusso parte quindi dal magazzino da dove vengono movimentate le 4 componenti necessarie alla creazione del semilavorato. Tale operazione è svolta da un operatore logistico che portava 4 bancali nella postazione di lavoro della porta. In quest'area la persona dedicata alla lavorazione, aveva il compito di disimballare, prelevare le componenti dai relativi box di cartone ed eseguire le fasi di assemblaggio necessarie. Lo stesso operatore incaricato della produzione deve gestire anche lo scarto dei cartoni vuoti e la movimentazione del pallet di semilavorato finito (in Figura 22) fino all'area di stoccaggio dedicata.



Figura 22 Bancale con il semilavorato pronto al montaggio in linea

Il bancale resta in questa zona in attesa dell'operatore incaricato dell'asservimento di linea, il quale con un transpallet movimentata le unità fino alla linea. Dal magazzino fino al montaggio finale, si utilizzano 4 risorse diverse. Questa situazione presenta numerose inefficienze legate sia al numero di attività a non valore aggiunto (vedi il grafico in Figura 23, di seguito) che all'autogestione della postazione (senza controllo di un line leader) in logica push.

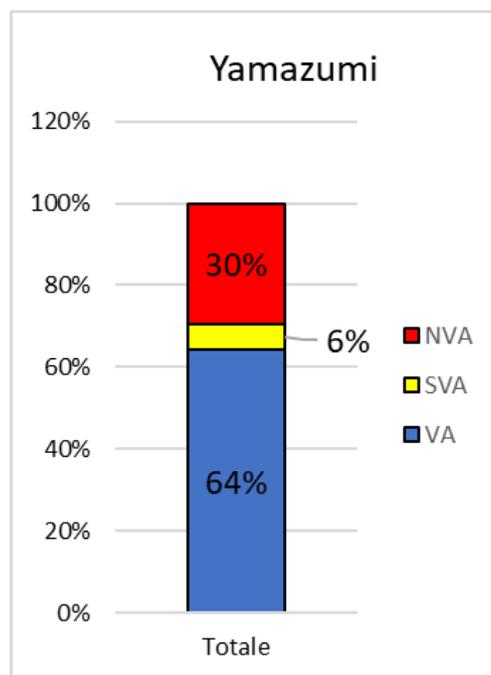


Figura 23 Diagramma Yamazumi relativo alla preparazione del semilavorato

Analizzando con il diagramma Yamazumi, si osserva che per realizzare un semilavorato, circa il 30% dell'attività svolta non aggiunge valore per il cliente; ne sono un esempio gestione dei rifiuti e movimentazioni del materiale.

Considerando la situazione sia della linea che dell'assieme porta, si è individuato l'obiettivo di portare il semilavorato a flusso, direttamente sulla WH NEW.

Per riuscire in tale intento, è importante definire quante delle attività a NVA sono eliminabili, come eseguire l'asservimento dei materiali necessari e dove far svolgere la preparazione del semilavorato in linea.

Di seguito vengono approfonditi questi tre punti.

1. Eliminazione delle attività a Non Valore Aggiunto

Per quanto riguarda la WH NEW, il focus è andato sull'operatore OP2. La sua fase nel bilanciamento a sei operatori, prevedeva che si facesse partire il test ad aria per poi spostarsi nel segmento di linea prima della girola dove si eseguiva il montaggio di alcuni componenti dentro la pompa di calore successiva. Questo movimento (indicato in Figura 24) è sempre risultato critico, sia per una questione di impiego del tempo per passare da una zona all'altra (tempo a NVA) che per un motivo di collaudo. Se ad esempio l'operatore, mentre eseguiva il montaggio di alcune componenti, si accorgeva che al collaudo è stata trovata una perdita, era costretto a tornare alla pompa di calore su cui si stava eseguendo il collaudo per verificarne l'entità, causando così un'ulteriore perdita di efficienza.

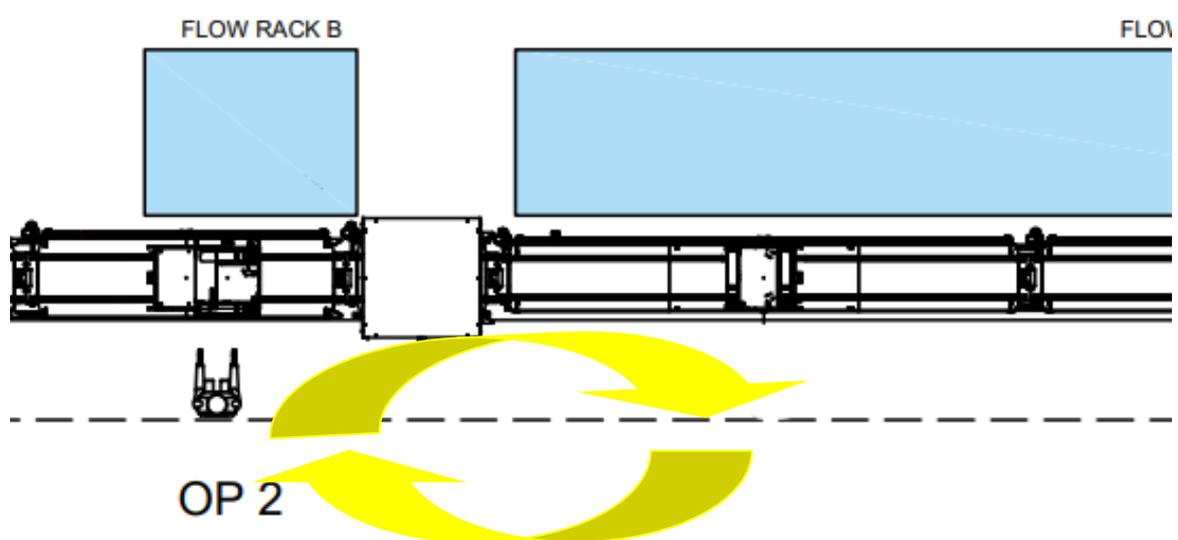


Figura 24 Movimento critico dell'operatore 2 intorno alla girola nella WH NEW

Per quanto riguarda la lavorazione del semilavorato, tutto il tempo a NVA era impiegato per aprire scatoloni vuoti e per movimentare il bancale fino all'area di stoccaggio.

2. Asservimento dei materiali

L'assieme porta, per la sua preparazione, aveva bisogno di 4 componenti che sono il quadro, la mostrina estetica, il pannello frontale e l'isolante. Viste le loro dimensioni, l'utilizzo del flow rack per un frontal feeding è stato scartato. Serviva quindi una gestione separata dalla classica vuoto-pieno. Per risolvere questo problema si è deciso di applicare la tecnica Kanban con un carrello (rack) dedicato. L'attività del tirocinante è iniziata con lo studio delle componenti necessarie per il montaggio del semilavorato. Il pannello frontale presentava alcune difficoltà nel trasporto in quanto non deve essere soggetto a urti o a strofinamenti che possono facilmente rovinarne l'estetica. La mostrina, il quadro e l'isolante invece sono meno fragili e quindi meno critici. Dopo aver compreso i vincoli, si è eseguito il progetto e il disegno di tale carrello. In Figura 25 si può osservare la sua forma e composizione.

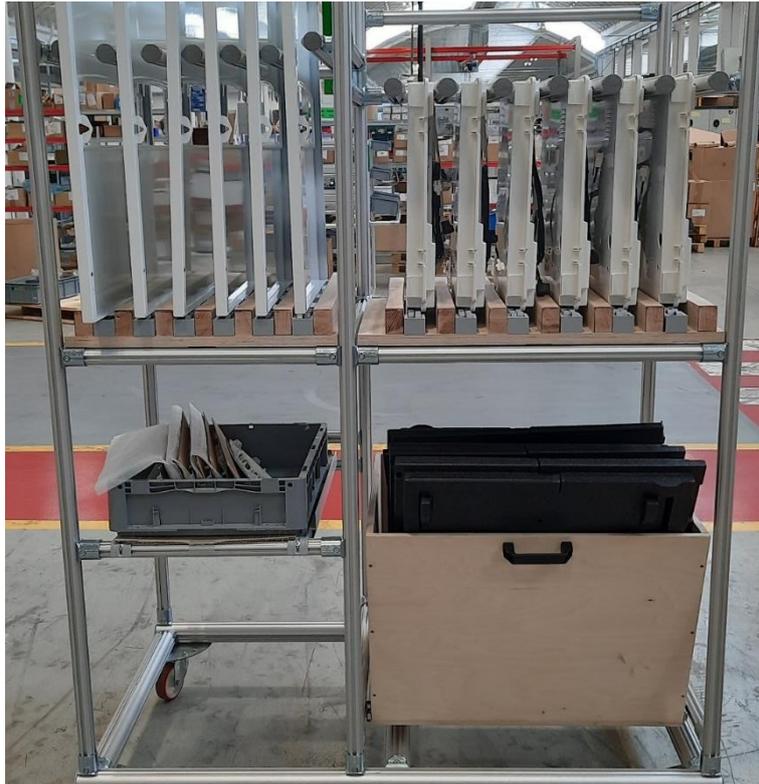


Figura 25 Carrello Kanban del semilavorato

Si è scelto di utilizzare l'alluminio per la struttura del carrello in quanto esteticamente in linea con le scelte dell'azienda e con un rapporto leggerezza-resistenza favorevole. Per risolvere le problematiche relative alla gestione del pannello frontale sono stati utilizzati gommini antigraffio sull'alluminio e rulli per il suo inserimento e prelievo. Il legno utilizzato è di betulla in quanto anch'esso ha qualità che evitano il rischio di graffiare il componente. Per applicare propriamente il Kanban, si è deciso di dimensionarlo in modo da contenere i pezzi per 6 prodotti finiti (seguendo il lotto minimo della linea di 6 pz) e di realizzarne altre 2 copie. La disponibilità di 3 carrelli, infatti, permette di averne 1 in lavorazione, 1 in attesa in linea e il terzo in preparazione in area picking. Il segnale per l'asservitore è il carrello vuoto in linea. Quando si verifica tale evento, l'operatore, può continuare la produzione con il rack pieno in attesa, mentre il picker ha il tempo di sostituire il carrello che ha preparato con quello svuotato in linea.

Questa tecnica Kanban a tre unità permette una maggiore flessibilità e garantisce un'autonomia sia alla produzione che agli asservitori senza occupare un eccessivo spazio in linea.

3. Preparazione del semilavorato

La lavorazione del semilavorato ha rappresentato un'opportunità in quanto, tramite l'inserimento di un operatore in più sulla WH NEW, si è riusciti ad incrementare la produzione della linea. Con questa soluzione sono state eliminate le attività a non valore aggiunto di movimentazione dei materiali ed è migliorata la gestione e la produttività dell'operatore prima dedicato unicamente alla lavorazione del semilavorato.

Dopo l'inserimento della persona e della lavorazione del semilavorato si è giunti alla situazione descritta nella Figura 26 di seguito.

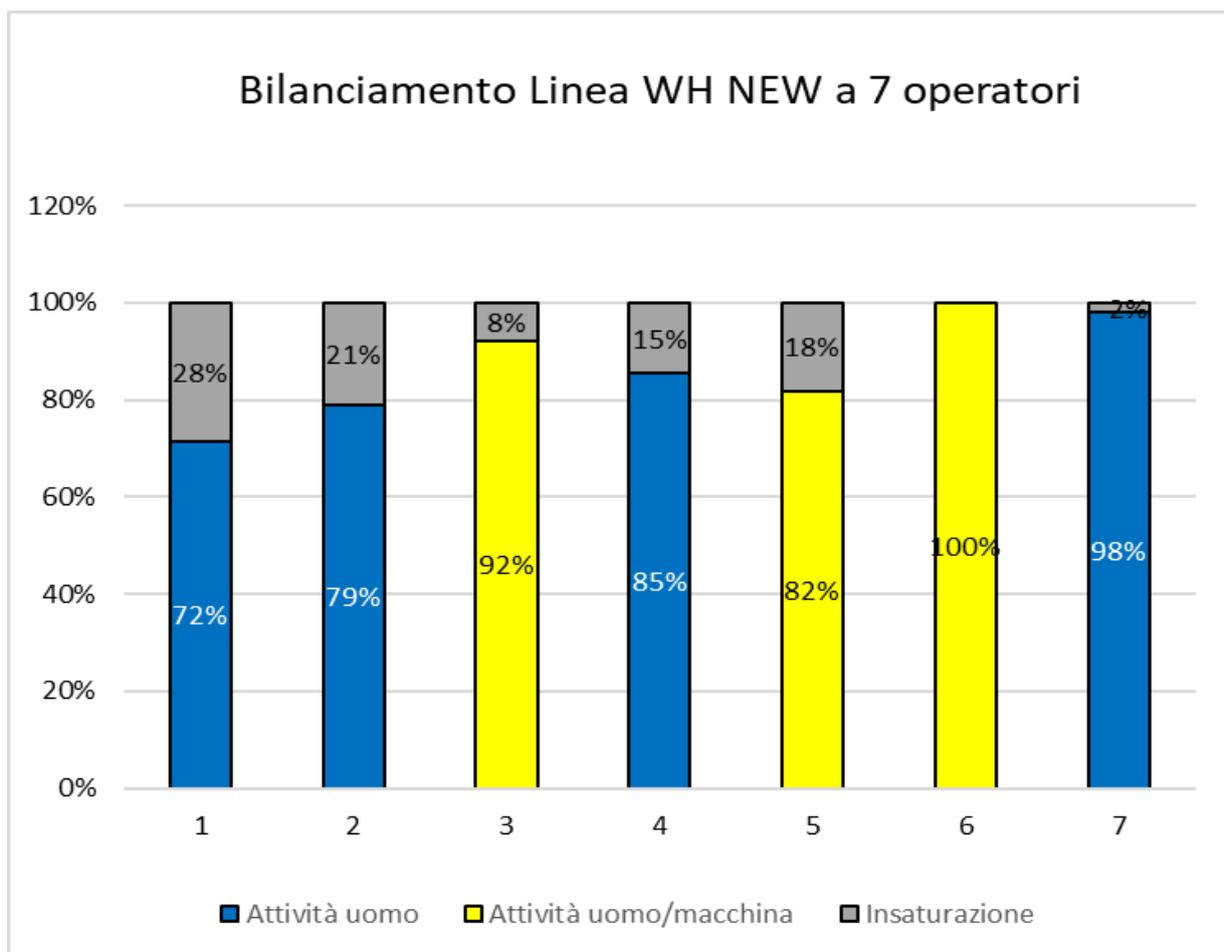


Figura 26 Bilanciamento della linea WH NEW a sette operatori

Il miglioramento in termini di produttività e saturazione è stato netto. A supporto di quanto affermato, si può osservare la Tabella 2 seguente:

| | Before | After | DELTA |
|----------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Nr operatori in linea | 6 | 7 | - |
| Nr operatori semilavorato | 1 | 0 | - |
| Saturazione % | 83,3 | 86,8 | 4% |
| Takt Time di linea | Confidential | Confidential | -11% |
| Pz/Turno Teorici | Confidential | Confidential | 13% |

Tabella 2 Confronto tra bilanciamento a sei e a sette operatori

Con le attività svolte, passando dalla logica push alla pull, si è riusciti nell'intento di incrementare la capacità produttiva e di raggiungere il target fissato, aumentando il livello di saturazione degli operatori di linea e migliorando i flussi di materiali.

Prima di passare a questo bilanciamento, è stato fondamentale capire quale postazione fosse il collo di bottiglia e perché. Non sempre aggiungere persone infatti porta vantaggi in termini di produttività. Nel caso in cui la postazione collo di bottiglia sia un impianto, ad esempio, a prescindere dal numero di operatori disponibili, il Takt di linea non cambia.

Nella situazione iniziale, la fase più lunga era di OP 2 e subito dopo di OP 5, postazione caratterizzata da un impianto. Inserendo una persona in più quindi, il target raggiungibile è rimasto vincolato all'attività di collaudo di OP 5.

In Figura 27 si può osservare la nuova disposizione degli operatori.

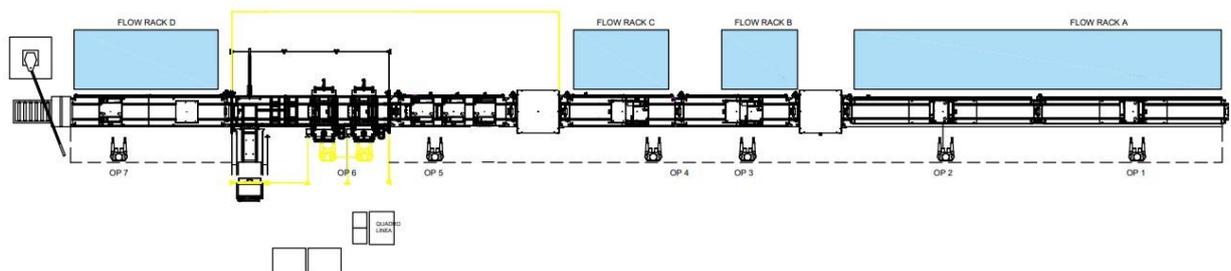


Figura 27 Linea WH NEW con operatori nel bilanciamento a sette operatori

Le attività manuali che prima erano svolte da OP 1 e parzialmente da OP 2, vengono ora eseguite da OP 1 e dal nuovo OP 2. OP 3 ha il compito di seguire il collaudo e preparare il semilavorato dell'assieme porta che viene poi montato da OP4. Il resto delle fasi è rimasto inalterato fino al termine della linea.

4.1.3 Applicazione della Tecnica Poka-Yoke

Nel periodo di tirocinio, sono state eseguite delle “preserie” sulla WH, ovvero lotti da lavorare sulla linea come test prima di entrare in produzione. Durante queste prove è essenziale essere presenti fisicamente per riuscire ad individuare le criticità e gli impedimenti da risolvere prima della messa in produzione. Nel lavoro di tesi si riporta lo studio eseguito su un modello la cui preserie si è svolta nel mese di novembre 2022.

La pompa di calore in questione ha i medesimi componenti dei modelli con scambiatore ma dimensioni tubisteria di collegamento diversi. Essendo questa una macchina molto simile ad altre già in produzione, le criticità nell’asservimento non ci sono state, è infatti bastato modificare i codici nella lista picking. Per quanto riguarda il montaggio delle componenti invece, nella fase di inserimento dello scambiatore nella pompa di calore, si è notato che in caso di errato posizionamento, il montaggio successivo dei tubi di collegamento presentava difficoltà di serraggio, impiegando fino al triplo del tempo assegnato, con conseguenti problemi di qualità (perdite).

Da quanto sopra, avendo uno scambiatore e relativi tubi con dimensioni differenti, l’allineamento con le altre componenti non era sempre ottimale.

Durante la preserie, dopo aver rilevato tale criticità, il tirocinante insieme ad alcuni membri degli enti di produzione, qualità e ricerca e sviluppo, si sono dedicati alla ricerca di una soluzione.

Provando alcuni metodi, si è giunti alla conclusione che era necessario inserire un oggetto all’interno della macchina per vincolare il posizionamento dello scambiatore. Tale dima andava rimossa al termine dell’assemblaggio.

Durante la preserie, con un pezzo di polistirolo, si è riusciti a risolvere tale problema. Allo stesso tempo però si è notato che gli operatori rischiavano di dimenticarsi di rimuovere l'oggetto in questione. Tale errore non era neanche individuabile in quanto l'area dedicata allo scambiatore viene poi coperta da un'altra componente.

Essendo la preserie composta da un lotto di piccole dimensioni, non è stato possibile trovare qualcosa in grado di correggere sia il posizionamento dello scambiatore che di evitare la dimenticanza da parte dell'operatore.

Il tirocinante è stato quindi incaricato di progettare uno strumento adeguato, cioè una dima apposta da utilizzare per il nuovo modello di pompa di calore.

Come insegna il Poka-Yoke, l'obiettivo è quello di fare in modo che l'errore nato da una dimenticanza o distrazione dell'operatore, venga immediatamente reso visibile così da poterlo correggere.

Si è quindi progettata una dima con forma e colore adeguati, visibile in Figura 28.

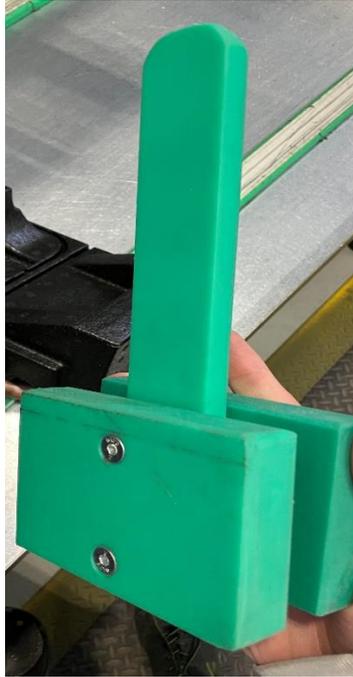


Figura 28 Supporto creato secondo la tecnica Poka-Yoke

Il materiale utilizzato è il polizene in quanto caratterizzato da leggerezza e dalla capacità di non rovinare le componenti con cui entra a contatto. La forma è stata progettata in modo che l'altezza della dima, una volta posizionata dentro la pompa di calore, non permetta l'inserimento del coperchio che viene piazzato sopra lo scambiatore.

L'operatore quindi, prima di eseguire il montaggio della componente critica, prende ed inserisce la dima. Questa permette il corretto allineamento dello scambiatore e dei suoi tubi con le altre componenti a cui si collega. Al termine delle fasi di assemblaggio, l'operatore incaricato deve rimuovere la dima e piazzare il coperchio sopra lo scambiatore. L'altezza e il colore molto visibile e diverso dagli altri permettono quindi di escludere la possibilità di dimenticanza.

4.1.4 Applicazione dello SMED

La WH NEW è stata ideata per la produzione del modello di pompe di calore precedentemente chiamata A. Nel tempo è nata la necessità di predisporre la linea anche per la famiglia B, caratterizzata da diverse dimensioni di ingombro.

L'inizio della produzione della nuova famiglia e il termine della precedente hanno un periodo di sovrapposizione in cui è richiesta alla linea una capacità di riconfigurazione rapida per passare dalla lavorazione di un modello all'altro.

Per quanto riguarda l'attrezzatura come chiavi inglesi, avvitatori, ecc. è stato predisposto un armadietto posizionato vicino alla linea in modo che non sia di intralcio all'operatività. Al momento del cambio produzione, il Line Leader procede con la sostituzione di tutto ciò che serve, con gli attrezzi che non servono più. Per facilitare il cambio di attrezzature, tutti gli avvitatori e le chiavi sono stati muniti di un'etichetta su cui è segnalato il modello per cui devono essere utilizzati.

Le attività di collaudo svolte dagli impianti invece, prevedono una riconfigurazione da famiglia A a famiglia B ancora più semplice e rapida in quanto, il Line Leader seleziona dai monitor di interfaccia con i macchinari, la sequenza di test da utilizzare.

Per ciò che concerne la parte meccanizzata della linea, (il nastro trasportatore e le girole automatiche) è invece stato necessario creare delle guide per riuscire a far giungere la pompa di calore in uscita dal nastro, nella posizione giusta per essere poi presa in carico dalla girola. In Figura 29 si possono osservare i due blocchi in polizene (segnalati dalle frecce). Il materiale utilizzato per la creazione di queste due guide è stato scelto perché permette alla pompa di calore di poterci entrare a contatto senza rischiare di rovinare la vernice della pannellatura esterna.



Figura 29 Rappresentazione dei binari per il posizionamento corretto del modello B

Al momento del cambio di produzione da famiglia A a famiglia B, il Line Leader prende queste due guide di polizene dallo stesso armadietto dedicato all'attrezzatura degli operatori e provvede al loro posizionamento sulla linea.

4.2 Linea FS

4.2.1 Descrizione della FS

Questa linea, come le linee WH, è nell'area dello stabilimento dedicata alla produzione delle unità interne della pompa di calore. In particolare, sulla FS, si produce l'unità Floor Standing (FS) che rispetto alla WH, viene posizionata a terra. Su questa linea si producono macchine appartenenti solo alla famiglia B con una distinzione tra modelli Monoblocco, in cui non è presente lo scambiatore; Split, in cui è invece presente, e 2 Zone (2Z). La 2Z è una pompa di calore meno richiesta dal mercato che rappresenta una piccola percentuale del mix produttivo di questa linea. Le analisi svolte durante il tirocinio hanno quindi un focus particolare sui modelli Mono e Split in quanto insieme rappresentano la maggior parte della produzione della FS.

La conformazione di questa linea prevede la presenza di una rulliera folle di circa 25 metri, sulla quale sono state aggiunte girole manuali dotate anche di un sistema di sollevamento per permettere una rotazione di 360 gradi della macchina e una sua ascensione per eventuali riparazioni nella parte inferiore. Dopo un primo tratto senza, inizia una pedana rialzata (visibile in Figura 30, indicata dalla freccia in blu) lunga fino al termine della rulliera (indicata dalla freccia in giallo) per rendere possibili le operazioni di assemblaggio in modo più ergonomico.



Figura 30 Vista sulla linea FS

In Figura 31 si può osservare il layout della linea al momento dell'inizio del tirocinio.

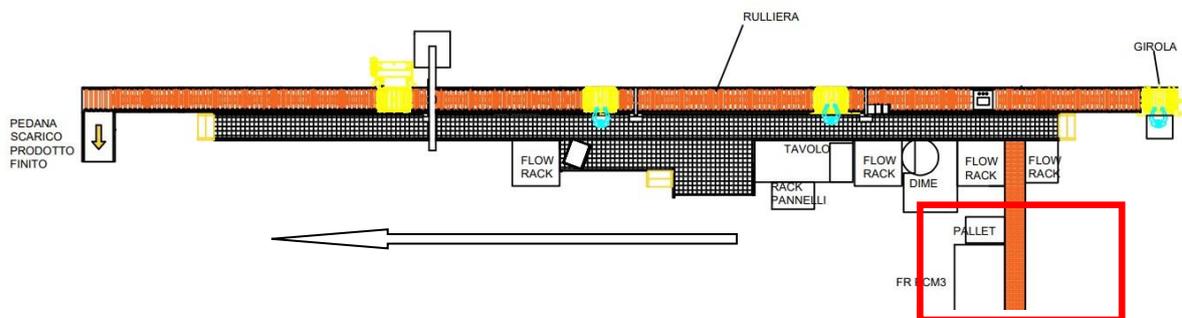


Figura 31 Layout della FS prima dell'intervento

In giallo sono rappresentate le girole, in arancione le rulliere e in nero la parte di pedana su cui si muovono gli operatori.

In questo layout si possono anche osservare 5 flow-rack dedicati all'asservimento dei materiali in back feeding e un rack per i pannelli. Una volta che il prodotto finito è stato imballato, si procede alla sua movimentazione con un transpallet dalla rulliera verso l'area di stoccaggio dedicata.

Sulla prima parte di linea in Figura 31, si nota un riquadro in rosso all'interno del quale è raffigurata una parte di FS che veniva utilizzata per la realizzazione di modelli della famiglia A, non necessaria per la lavorazione del nuovo modello B.

In Figura 32 si può osservare l'estetica del modello B. Nella sua parte superiore sono contenute le componenti simili a quelle presenti nel modello WH, mentre, nella inferiore è posizionato il boiler, pezzo caratterizzante delle pompe di calore FS.



Figura 32 Pompa di calore FS modello B [30]

Per quanto riguarda gli impianti di linea, ne sono presenti due, il primo dei quali si occupa del collaudo con aria mentre il secondo svolge sia il collaudo elettrico che quello idraulico. Entrambi prevedono una minima interazione con l'operatore che deve avviare l'esecuzione dei test e controllarne gli output. Le prime operazioni che vengono svolte riguardano il boiler, l'unità di base su cui poi viene assemblata l'intera pompa di calore. Il primo operatore, dopo aver concluso le operazioni di preparazione del bollitore, carica la macchina sulla rulliera dove resterà fino all'imballaggio. Ogni volta che un operatore ha terminato le fasi che deve svolgere, spinge il prodotto fino alla postazione successiva. La base di appoggio della macchina sui rulli è costituita dal pallet che viene utilizzato per la movimentazione del boiler dal magazzino alla FS.

Anche l'approccio a questa linea è iniziato con la raccolta dati tramite filmati. Dopo il primo periodo per imparare le caratteristiche del prodotto, il tirocinante ha creato una tempificata descrittiva delle operazioni elementari, descrivendole ed assegnando un tempo ad ognuna di esse. Dopo aver condiviso queste informazioni con il production manager e con i line leader si è eseguito un bilanciamento con il supporto del diagramma Yamazumi. Non si approfondirà tale attività in quanto già trattata nella sezione dedicata alla descrizione della WH.

In questo paragrafo si descrivono il revamping della FS e l'applicazione delle 5S nel dettaglio.

4.2.2 Revamping

La conformazione della linea nello stato AS-IS presenta alcune parti non più utilizzate, come tutta la sezione di rulliera perpendicolare alla principale e il relativo flow-rack dedicato alla lavorazione del modello A, visibile in Figura 33.

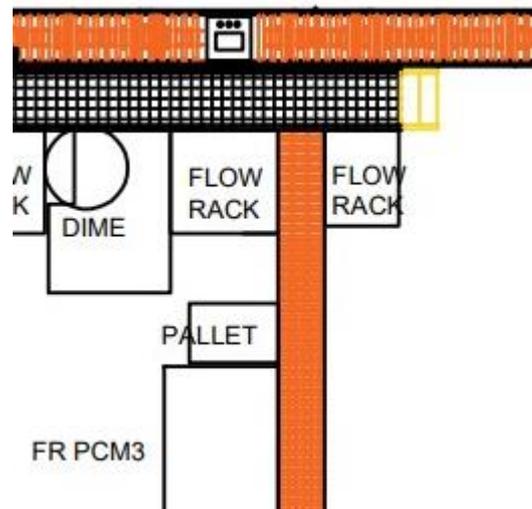


Figura 33 Rappresentazione della rulliera utilizzata per il modello A FS

Il problema di lasciare una zona di linea in disuso è che spesso questa si sporca notevolmente causando problemi sia a livello estetico che di degrado delle sue componenti strutturali. Una delle prime attività svolte, grazie all'aiuto dei manutentori, è stato quindi lo smantellamento di tale area con un recupero di materiale potenzialmente riutilizzabile per altre strutture. Il flow-rack smontato, essendo composto da barre di alluminio e rulliere, ha fornito componenti per altri flow-rack costruiti in seguito ed utilizzati su questa stessa linea.

Oltre a questa attività di recupero, l'azienda ha deciso di investire in un miglioramento della pedana. Il tirocinante con il suo team di industrializzatori, hanno infatti ridefinito il layout della linea prevedendo un ampliamento dell'area calpestabile.

In Figura 34 è possibile osservare le 3 pedane aggiunte, rappresentate con colori differenti ed indicate dalle lettere A, B e C. Inoltre, sono anche state eseguite attività di manutenzione su tutti i flow rack, con la sostituzione di alcuni di essi. Questa scelta di ampliamento ha reso la linea più sicura per l'operatore che in precedenza era costretto a muoversi in spazi limitati e stretti. Inoltre, le 4 dime utilizzate per la lavorazione di alcune componenti, prima erano situate su un tavolo di forma circolare. La loro concentrazione in un'unica zona è un vincolo per quanto riguarda il bilanciamento. Per garantire una maggiore flessibilità si sono dunque separate le suddette dime su 4 tavolini dedicati così da permettere l'assegnazione di attività ad operatori diversi. Inoltre, avendo più spazio a disposizione, le dime sono state posizionate in modo da rendere più ergonomica e pratica l'attività produttiva. Questo cambiamento permetterà anche una maggiore flessibilità in caso di ribilanciamenti futuri.

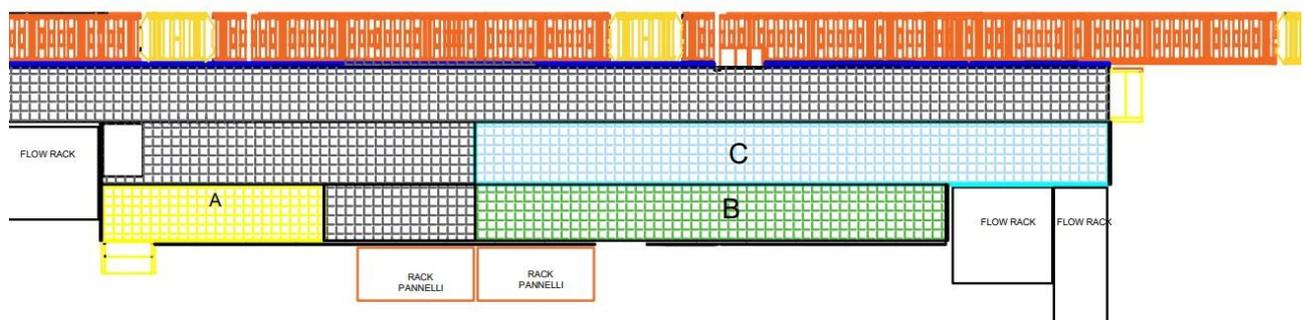


Figura 34 Rappresentazione delle pedane aggiunte alla FS

Per compiere tutte queste attività, si sono utilizzati i 7 step del WCM per il pillar WO come linee guida procedurali. Inizialmente, infatti, è stata eseguita una pulizia completa dell'ambiente di lavoro. La conformazione della FS, con rulliera e pedana, presentava dei luoghi difficili da raggiungere con normali strumenti di pulizia. Si è deciso quindi di sfruttare il periodo di fine anno, a produzione ferma, per svolgere i lavori di revamping e di inserimento delle nuove pedane e in tale occasione è stato possibile eseguire una pulizia più accurata. Fin dall'inizio del tirocinio, una particolare attenzione è stata dedicata all'individuazione dei punti in cui si generano rifiuti, nei quali sono stati posizionati bidoni dedicati per garantire una raccolta differenziata. Nel primo periodo dell'anno 2023, in cui è ripartita la produzione, sono stati eseguiti accorgimenti e modifiche di rifinitura ascoltando con attenzione gli input da parte degli operatori. La nuova FS, oltre a garantire una maggiore sicurezza alle persone che ci lavorano (sono stati rinnovati i parapetti lungo tutta la linea) ha permesso anche di riordinare il processo seguendo il nuovo bilanciamento. Gli spazi e le modifiche sui flow rack e sui carrelli hanno reso possibile un bilanciamento a 3 persone invece che a 4 (come nello stato AS-IS) mantenendo lo stesso Takt Time.

4.2.3 Applicazione delle 5S

La FS è stata designata come linea campione su cui applicare le 5S in modo sistematico. L'attività è iniziata con il nuovo anno ed ancora in esecuzione.

In questo paragrafo si descriveranno le azioni svolte e si mostreranno alcune foto per visualizzare meglio il cambiamento prima e dopo l'implementazione.

- SEIRI

Questa attività è iniziata prima del termine dell'anno 2022 con un confronto con gli operatori di linea. Si è chiesto di iniziare ad individuare e separare il materiale e gli attrezzi di uso quotidiano da quelli obsoleti o di raro utilizzo. Il tirocinante ha quindi definito un'area di quarantena delimitata da paline bianco-rosse vicino alla linea produttiva. Questi materiali e tools sono rimasti nella zona dedicata per 30 giorni. Al termine di tale periodo, il tirocinante ed il suo team hanno provveduto ad una ricollocazione degli attrezzi in manutenzione e allo smaltimento dei materiali obsoleti. Tra questi erano presenti anche componenti non conformi che sono stati sottoposti all'attenzione dell'ente Qualità.

La presenza di aree non più utilizzate, come la parte di linea dedicata alla produzione delle pompe di calore modello di tipo A, diventava spesso un punto di raccolta di qualsiasi scarto di linea, sia in termini di rifiuti che di componenti, i quali spesso con semplici rilavorazioni avrebbero potuto essere riutilizzati. Il loro abbandono era per l'azienda un notevole costo, difficile da quantificare e da gestire.

- SEITON

Sulla linea è stata eseguita un'attività sia sui materiali che sui tools. Tutto il sistema di asservimento è stato rivisto. L'area picking è stata ridisegnata per riuscire a supportare efficacemente le nuove modalità di lavoro. Sulla FS sono stati disegnati nuovi flow-rack in grado di rendere disponibili per gli operatori, tutti i materiali necessari nella giusta quantità. Prima dell'intervento, numerose componenti venivano gestite dagli operatori di linea, i quali dovevano scendere dalla pedana per raggiungere dei bancali posizionati a terra. Questi spostamenti a non valore aggiunto sono stati totalmente eliminati in quanto a seguito dell'intervento di miglioramento, l'operatore dispone dei materiali direttamente nel punto in cui gli servono. Oltre ai nuovi flow-rack, sono stati inseriti dei carrelli Kanban, simili a quelli adottati sulla WH. Questi, oltre a semplificare le attività di rifornimento della linea per i picker, sono anche un'ottima soluzione per evitare che il materiale si rovini, in quanto sono progettati per garantire una stabilità nel trasporto e nello stoccaggio delle componenti. Tali carrelli sono inoltre progettati per essere ergonomici nella preparazione e nel prelievo dei componenti. Un'altra attività importante svolta riguarda gli attrezzi e la minuteria utilizzata in concomitanza all'utilizzo delle dime. La soluzione di partenza prevedeva un'unica tavola rotonda sulla quale erano posizionate tutte le dime necessarie per le operazioni di assemblaggio. Tools, viti, guarnizioni ecc. vi erano poggiate senza un ordine preciso, come si può osservare in Figura 35.



Figura 35 Tavolo con dime prima dell'intervento

La necessità era quindi di separare i banchetti dedicati alle dime (per garantire una maggiore flessibilità nel bilanciamento) e di ordinare i relativi materiali di utilizzo. In Figura 36 si mostra una delle dime utilizzate in linea, in cui si possono osservare gli interventi.

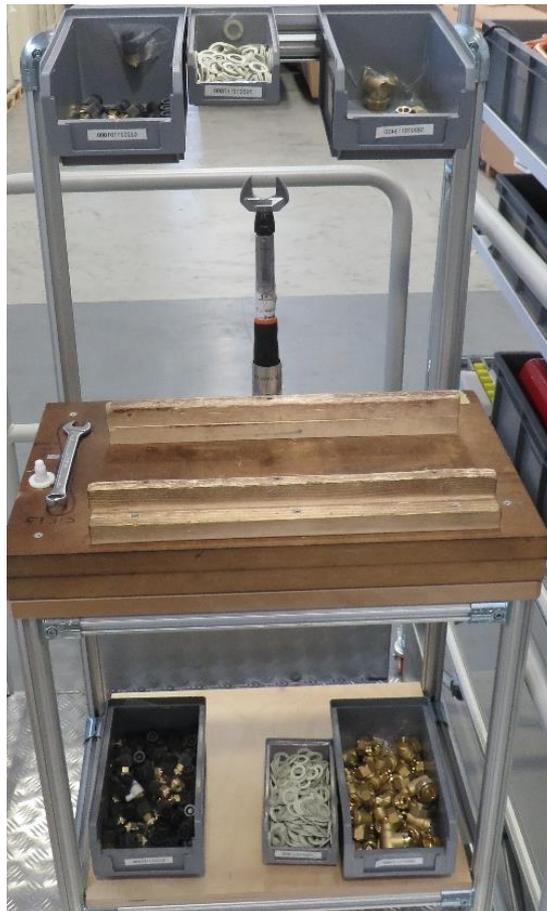


Figura 36 Tavolino dedicato ad una delle dime utilizzate sulla FS

Per quanto riguarda gli attrezzi, per la chiave dinamometrica si è creato un apposito contenitore che garantisce sia una presa ergonomica al momento dell'utilizzo che un'identificazione del punto in cui deve trovarsi. Su tale appoggio e sulla chiave stessa, sono state apposte delle etichette che ne identificano la taratura e il componente su cui usare l'attrezzo in questione. Per la minuteria invece sono state dedicate delle cassette a bocca di lupo per ogni componente, ognuna identificata dal codice in vista sul lato di prelievo. Nella dima in foto si utilizzano 3 codici diversi, per i quali sono presenti 3 cassette a bocca di lupo in lavorazione in posizione ergonomica per il prelievo, e altre 3 piene poste sotto al banco di lavoro. Questo per garantire sempre la presenza del materiale necessario. Una volta terminata la cassetta in lavorazione, l'operatore esegue la sostituzione e segnala all'asservitore, la necessità di rifornimento.

- SEISO

L'attività svolta dal tirocinante e dal team durante il periodo di fermo produttivo delle vacanze è stata la pulizia di tutta l'area operativa della FS, includendo sia la pedana che la rulliera. Una volta terminato questo lavoro, insieme agli operatori si sono individuate sulla linea i punti in cui si generano rifiuti. Si è quindi eseguita una loro mappatura.

In base al quantitativo di rifiuti generato in ogni postazione, si sono predisposte soluzioni differenti per il loro smaltimento. L'analisi ha portato alla delimitazione di aree in cui sono stati posizionati bidoni di colori diversi, identificati esternamente da una targhetta che ne indica il rifiuto da gettare. In altre zone invece, in cui il quantitativo giornaliero generato è più rilevante, sono stati predisposti dei contenitori di dimensioni maggiori.

Per ognuno di questi punti, si è eseguita un'analisi sul tempo di riempimento che ha permesso un'organizzazione, insieme alle persone incaricate dello smaltimento rifiuti, delle missioni necessarie giornalmente. Tutti gli operatori di linea sono stati equipaggiati con strumenti di pulizia conosi posizionati in postazioni fisse. Dal confronto con il line leader e con il production manager si è deciso di dedicare del tempo ogni settimana per la pulizia della postazione di lavoro, rendendo così sistematica l'attività.

- SEIKETSU e SHITSUKE

Per riuscire a standardizzare le attività di 5S, è fondamentale la collaborazione di tutti, dagli operatori al management dell'azienda. Sono inoltre necessarie delle regole di ordine e pulizia. Inizialmente non è stato semplice abituarsi al nuovo schema di lavoro; quindi, si è utilizzato lo strumento delle segnalazioni. Per un certo periodo di tempo, il tirocinante hanno scattato foto per documentare ogni violazione delle suddette regole. L'obiettivo non era quello di accusare qualcuno, ma di mostrare a tutti cosa non andava fatto con il fine di evitare che l'errore si ripettesse. La logica Lean e il WCM pongono molta importanza sul "Visual" in quanto è uno strumento efficace per far comprendere meglio i messaggi che si vogliono trasmettere. In questo periodo quindi si è utilizzata una lavagna che segue lo schema in Tabella 4:

| REGOLE | | MIGLIORAMENTI | | |
|--------------|---|-----------------------------------|-------|------|
| 1 | pulizia della postazione ogni giorno | Attività di miglioramento da fare | Owner | Data |
| 2 | pulizia della linea ogni fine settimana | | | |
| 3 | ... | | | |
| | | | | |
| SUGGERIMENTI | | | | |
| | ... | | | |

Tabella 2 Schema utilizzato sulla lavagna a bordo linea FS

Questo è il template visibile su un lato della lavagna. Le regole sono state decise dal team che ha implementato l'attività di 5S e possono esserne aggiunte altre solo dopo approvazione dello stesso. Chiunque abbia qualcosa da suggerire invece, può in qualsiasi momento, scrivere nella parte dedicata. La sezione dei miglioramenti viene compilata durante le riunioni del fine settimana in cui si discute sulle azioni da compiere sia internamente che esternamente (parlando, ad esempio, con i fornitori) per risolvere le problematiche sorte.

Questi incontri sono anche l'occasione per aggiornare tutte le persone interessate su quanto è stato fatto dall'appuntamento precedente.

Sul lato posteriore della lavagna (in Figura 37) invece vengono raccolte tutte le segnalazioni suddivise in base alla settimana di riferimento. Per ognuna di queste c'è un raccoglitore per le foto e un'indicazione del numero di problematiche rilevate così da poterne monitorare l'andamento nel tempo.



Figura 37 Lavagna utilizzata a bordo linea FS

La FS è stata scelta come linea pilota per l'implementazione delle 5S. L'obiettivo è quello di riuscire a mantenere la struttura creata e di diffonderla alle altre linee dello stabilimento. Durante questo periodo, per far funzionare il metodo 5S, è stato fondamentale riuscire a coinvolgere tutti i livelli aziendali partendo dagli operatori. Si sono riscontrate difficoltà in quanto il cambiamento è spesso visto inizialmente come uno sforzo di cui magari non si comprendono bene le motivazioni. Tramite il dialogo è quindi importante far capire il perché delle scelte così da far entrare tutti nel progetto. La collaborazione è la chiave per il successo e il mantenimento di quanto presentato.

La Figura 38 raffigura la prima postazione della linea prima dell'intervento mentre la Figura 39 rappresenta la stessa area, riorganizzata con un flow-rack e un carrello Kanban dedicato per i materiali necessari al montaggio della pompa di calore.



Figura 38 Postazione di lavoro prima dell'intervento



Figura 39 Postazione di lavoro dopo l'intervento

La nuova conformazione riesce a garantire una maggiore efficienza produttiva, una minimizzazione di costi dovuti a scarti e il mantenimento della postazione di lavoro in condizioni di pulizia, ergonomia e sicurezza.

5. Conclusione

Le attività descritte in questo lavoro di tesi sono state selezionate in quanto inerenti alle tematiche relative al WCM e al LM. I risultati ottenuti sono da considerarsi come un primo step nel processo di crescita. L'insegnamento che si vuole condividere è che queste tecniche sono ottimi mezzi per cercare di migliorare la situazione di partenza, ma il processo di crescita e di affinamento non termina mai. Come spiegano queste due teorie, riconosciute in tutto il mondo, il miglioramento deve essere continuo. Le difficoltà che fanno parte di questo processo vanno affrontate il prima possibile senza cercare di aggirarle. Il rischio, se si cerca di evitarle, è di creare una struttura che ha fondamenta non solide e che rischia di non reggere nel tempo.

Si vuole inoltre sottolineare l'importanza della collaborazione. Nel tirocinio si ha avuto modo di sperimentare il lavoro in un'organizzazione strutturata. Tramite l'interazione con le varie persone si riescono a capire i miglioramenti necessari e si possono ricevere consigli o direttive da parte degli altri pilastri (sicurezza, qualità, ecc.). L'atteggiamento deve quindi essere di apertura e di disponibilità al confronto.

È fondamentale anche la proattività in quanto spesso capita che le persone non si rendano conto delle necessità o delle condizioni in cui si lavora.

Quindi per individuare problemi esistenti, serve passare molto tempo nel Gemba e osservare, cercando cosa può essere migliorato. Lo strumento dei video è un valido supporto, poiché riguardando più volte e con velocità diverse, si riescono a individuare meglio le fasi di lavoro migliorabili. Per quanto riguarda l'analisi dei tempi non sono state utilizzate altre tecniche come la metodologia MTM o il cronometro poiché, essendo Albacina uno stabilimento nuovo e in forte crescita, la necessità durante il periodo di tirocinio era di definire dei tempi validi che non scendessero ad un livello di dettaglio elevato. Inoltre, essendo uno stabilimento con molta varietà in termini di tempi necessari per completare un prodotto finito (si passa da 5 a più di 60 min di Takt), era necessario stabilire un metodo di analisi uguale da utilizzare su tutte le linee. Usare il cronometro, ad esempio, avrebbe richiesto molto più tempo per la raccolta dati e per l'ottenimento di un output valido. In ottica futura, l'applicazione del MTM, o di qualsiasi altra tecnica di analisi del lavoro, potrebbe portare ad individuare nuove azioni migliorative o comunque a creare un'ulteriore base di dati utile per confronti.

Questo lavoro di tesi è stato svolto per cercare di aiutare il lettore a comprendere meglio le teorie del WCM e della LM sia a livello teorico, che a livello pratico. Questi due modelli gestionali potrebbero risultare complicati e difficili da implementare, i casi empirici sono quindi un ottimo strumento per dimostrarne l'applicabilità e l'efficacia.

6. Bibliografia e Sitografia

[1]<https://www.aristongroup.com/it/Il-Gruppo/la-nostra-storia>, 2023

[2]<https://www.fondazionemerloni.it/storia-della-fondazione/>, 2023

[3]<https://www.indesit.it/>, 2023

[4]https://www.aristongroup.com/media/files/4104_Company%20Report%202022_Ariston%20Group.pdf, 2022

[5]<https://www.aristongroup.com/it/>, 2023

[6]<https://www.ariston.com/it-it/prodotti/solare-termico/circolazione-naturale/kairos-thermo-gr-2>, 2023

[7]<https://www.aristongroup.com/it/Il-Gruppo/chi-siamo-e-cosa-facciamo>, 2023

[8]https://www.aristongroup.com/it/accordo_tra_ariston_thermo_e_whirpool_per_il_rilanciodi_albacina, 2019

[9]https://www.logisticshalloffame.net/en/press/press-photos/mitglieder/taiichi-ohno#!ouno_300dpi, 2022

[10]Taiichi Ohno, Lo spirito Toyota. Il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo, Piccola Biblioteca Einaudi, 1978

[11]Womack, James & Jones, Daniel. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Journal of the Operational Research Society. 1997

[12]Mike Rother and Rick Harris; Creating continuous flow, 2001

[13]H. Yamashina, Challenge to world-class manufacturing, International Journal of Quality & Reliability Management, 2000

- [14]Faisal Talib, Zillur Rahman, M.N. Qureshi A study of total quality management and supply chain management practices. International Journal of Productivity and Performance Management, 2011
- [15]Masaaki Imai, Gemba Kaizen. Un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo. Con le storie delle aziende italiane che ce l'hanno fatta, Franco Angeli Editore, 2022
- [16]Manuali del WCM, Ariston Group, 2022
- [17][https://www.semanticscholar.org/paper/WORLD-CLASS-MANUFACTURING-\(WCM\)-MODEL-AND-BETWEEN-SARI/fb873a9488d451593321a9a1237e29667adf63c3/figure/0](https://www.semanticscholar.org/paper/WORLD-CLASS-MANUFACTURING-(WCM)-MODEL-AND-BETWEEN-SARI/fb873a9488d451593321a9a1237e29667adf63c3/figure/0), 2019
- [18]Slide corso Supply Chain, Rafele C., 2022
- [19]Manuali del WCM, CNH, 2017
- [20]Stefan Ketter, World Class Manufacturing – Metodi e Strumenti per il Fiat Auto Production System, 2007
- [21]Ajay Anantro Joshi, A Review on Seven S (7S) as a tool of Workplace Organization, International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJJET), 2015
- [22]Shingo, Shigeo, Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system, Productivity Press, 1985
- [23]Il poka-yoke: come evitare gli errori in modo semplice ed efficace – Davide Martinazzo, Eugenio Frescura
- [24]<https://www.opta.it/operations-management/lean-production/metodo-smed>, 2020

[25]Radu Godina, Carina Pimentel, F.J.G. Silva, João C.O. Matias A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends, 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 2018

[26]Seyed Mohammad Seyedhosseini, Seyed Mohammad Mirzapour Mounes e Mohammad Mahdi Paydar, An Application of Kanban System for Improving Supply Chain Efficiency International Journal of Industrial Engineering Computations (IJIEC), 2016

[27]<https://www.ariston.com/it-it/prodotti/pompe-di-calore/riscaldamento/nimbus-plus-s-net>, 2019

[28]<https://www.ariston.com/it-it/prodotti/pompe-di-calore/riscaldamento/nimbus-plus-s-net-r32-1>, 2021

[29]<https://www.ariston.com/it-it/prodotti/pompe-di-calore/riscaldamento/nimbus-compact-m-net-r32-1>, 2021