

UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Ottimizzazione del processo di verniciatura secondo i principi
Lean. Il caso Comel S.p.A.

Relatore

Ch.mo Prof. ROBERTO PANIZZOLO

Correlatore

Ing. NICOLA CESARATO

Laureando

Enrico Moretto

Anno Accademico 2022-2023

SOMMARIO

Il presente progetto di tesi è stato svolto durante il periodo di tirocinio formativo presso l'azienda Comel S.p.A., nello stabilimento produttivo di Arre (PD).

Comel è un'azienda del settore metalmeccanico, leader in Italia nella lavorazione e verniciatura della lamiera, dotata di impianti di ultima generazione e sempre propensa a nuovi investimenti in tecnologia per mantenere elevati standard di qualità ed offrire al cliente un ottimo prodotto finale.

Comel, da diversi anni, ha adottato diverse tecniche di gestione snella e, dopo averne osservato i primi risultati fortemente incoraggianti, ha deciso di proseguire su questa strada alla ricerca di maggior efficienza dei processi e del miglioramento continuo.

Nonostante la pandemia, l'azienda ha registrato una forte crescita negli ultimi anni, mantenendo un trend positivo che prosegue da molti anni. Ciò ha consentito alla proprietà, che si è sempre dimostrata aperta ad effettuare nuovi investimenti, di prendere la decisione di procedere all'acquisto di un nuovo impianto di verniciatura, moderno, che vada ad affiancare quello attualmente in funzione.

Infatti, questo progetto di tesi nasce proprio dalla necessità di studiare il Future State delle fasi produttive ed ottimizzare il processo in uso attualmente, in vista della realizzazione di questo nuovo impianto che consentirà di mettere a flusso due fasi che, al momento, sono legate in ottica push da un magazzino intermedio di dimensioni importanti. Durante lo svolgimento delle diverse attività, sono state utilizzate diverse tecniche di analisi, tipiche della filosofia Lean e non solo: Value Stream Map, 5-Why, SMED, 5S, Analisi di Pareto, Group Technology per citare le principali.

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: COMEL S.P.A.	3
1.1 Storia aziendale.....	3
1.2 Valori e Mission.....	6
1.3 Comel oggi	7
1.4 Descrizione degli uffici e dei reparti Comel	12
1.5 Certificazioni di qualità	23
1.6 Sistema produttivo in Comel	24
1.7 Stabilimento produttivo	30
CAPITOLO 2: LA FILOSOFIA LEAN	33
2.1 Evoluzione storica	33
2.2 I cinque principi del Lean Thinking	47
2.3 Le sette tipologie di spreco secondo Taiichi Ohno	56
2.4 Tecniche e strumenti della gestione snella	63
2.4.1 Lo SMED	64
2.4.2 La metodologia 5S	70
2.4.3 Muda Analysis	73

CAPITOLO 3: SITUAZIONE AS IS	75
3.1 Analisi di Pareto (o Analisi ABC)	75
3.2 Group Technology	79
3.3 Value Stream Map	83
CAPITOLO 4: SITUAZIONE TO BE E ACTION PLAN	101
4.1 Muda Analysis ed Action Plan	101
4.2 Nuovo impianto di verniciatura	107
4.3 Processo di verniciatura attuale	116
4.4 Conclusioni	143
BIBLIOGRAFIA	145
SITOGRAFIA	149

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 Investimenti Comel per anno.....	7
Figura 1.2 Fatturato Comel per anno.....	8
Figura 1.3 Trend di crescita annuo	9
Figura 1.4 Mercati di appartenenza del portafoglio clienti 2021	10
Figura 1.5 Organigramma aziendale Comel	11
Figura 1.6 Laser Trumpf Trulaser 5030 con magazzino lamiera Trustore 3030	15
Figura 1.7 Linea automatica Salvagnini con magazzino automatico..	16
Figura 1.8 Reparto di piegatura manuale Comel.....	17
Figura 1.9 Cella di piegatura robotizzata.....	18
Figura 1.10 Reparto di saldatura	20
Figura 1.11 Schema dell'impianto di verniciatura attuale.....	22
Figura 1.12 Classificazione di Wortman	25
Figura 1.13 Classificazione dei processi a seconda del volume e della varietà	28
Figura 1.14 Vista aerea dello stabilimento produttivo con suddivisione in aree	31
Figura 2.1 Frederick Taylor	34
Figura 2.2 Henry Ford e una Model T	35
Figura 2.3 Impianto di River Rouge	36
Figura 2.4 Ford Model T	37

Figura 2.5 Piramide dei bisogni di Maslow	40
Figura 2.6 Alfred Sloan	42
Figura 2.7 Marchi posseduti da General Motors nei primi decenni del Novecento	42
Figura 2.8 Eiji Toyoda	44
Figura 2.9 Taiichi Ohno	45
Figura 2.10 I cinque principi del Lean Thinking	47
Figura 2.11 Miglioramento radicale e Kaizen	51
Figura 2.12 Cicli PDCA a catena	54
Figura 2.13 Comportamento del personale	55
Figura 2.14 I sette Muda di Taiichi Ohno	57
Figura 2.15 problemi nascosti dalle scorte	60
Figura 2.16 Vantaggi dello SMED	65
Figura 2.17 Perdita di disponibilità della macchina durante il set-up ..	66
Figura 2.18 Fasi dello SMED	67
Figura 2.19 Fasi delle 5S	71
Figura 3.1 Estrapolazione del venduto dell'ultimo anno	77
Figura 3.2 Codici totali	77
Figura 3.3 Risultati dell'analisi ABC	78
Figura 3.4 Grafico risultante dall'analisi ABC	78
Figura 3.5 Base di dati con i cicli produttivi	79
Figura 3.6 Calcolo del valore di una riga in base ai pesi	81

Figura 3.7 Risultato finale della Group Technology	82
Figura 3.8 Esempio di icona del cliente	86
Figura 3.9 Esempio di icona del process box con accumulo di scorte intermedio	88
Figura 3.10 Esempio di icona del fornitore	89
Figura 3.11 Icone raffiguranti il flusso di informazioni e materiale ...	90
Figura 3.12 Icone raffiguranti l'utilizzo di tecniche Lean di gestione della produzione	91
Figura 3.13 Icona raffiguranti la time line	92
Figura 3.14 Value Stream Map	94
Figura 3.15 Timeline	95
Figura 4.1 Muda Analysis, parte A	102
Figura 4.2 Muda Analysis, parte B	103
Figura 4.3 Piano inferiore del nuovo impianto di verniciatura	108
Figura 4.4 Piano superiore del nuovo impianto di verniciatura	109
Figura 4.5 VSM TO BE	111
Figura 4.6 Tabellone del progetto di miglioramento	117
Figura 4.7 Parapetto laterale, vista posteriore	120
Figura 4.8 Parapetto laterale, vista in opera	121
Figura 4.9 Analisi della qualità	124
Figura 4.10 Analisi della qualità post intervento	125
Figura 4.11 Spaghetti Chart AS IS	128
Figura 4.12 File Excel per analisi SMED	130

Figura 4.13 Dolly Pallet	133
Figura 4.14 Spaghetti Chart TO BE	134
Figura 4.15 Interno delle cabine	136
Figura 4.16 Esterno delle cabine	137
Figura 4.17 Esterno delle cabine 2	137
Figura 4.18 Esterno delle cabine 3	138
Figura 4.19 Esterno delle cabine 4	138
Figura 4.20 Interno delle cabine post 5S	139
Figura 4.21 Materiale non utilizzato e/o superfluo	139
Figura 4.22 Shadow Board in Comel	140
Figura 4.23 Interno cabina post pulizia 5S	141
Figura 4.24 Fughe a pavimento post 5S	142

INDICE DELLE TABELLE

3.1 Analisi di Pareto incrociata (tabella generata dall'autore)	76
---	----

INTRODUZIONE

Questo progetto di tesi è stato svolto durante il tirocinio formativo svolto presso lo stabilimento dell'azienda Comel S.p.A., ad Arre (PD). Comel è attiva da oltre 50 anni nel settore della lavorazione della lamiera e le tecniche Lean sono note ed impiegate già da diversi anni, data la costante propensione al miglioramento da parte dell'azienda. Alla luce di ciò, si è deciso di intervenire sul reparto di verniciatura a polvere con l'obiettivo di ottimizzare le varie attività utilizzando le tecniche Lean più adeguate, dato che risulta essere il collo di bottiglia del ciclo produttivo aziendale. Inoltre, è in fase di realizzazione un nuovo impianto di verniciatura che andrà ad affiancare quello esistente. Questo impone la necessità di effettuare diverse analisi sul modo di gestirlo e sfruttarlo al meglio per ottenere performance produttive adeguate.

Il primo capitolo della tesi espone una presentazione dell'azienda a partire dalle sue origini fino ad arrivare ai giorni nostri, mettendo in luce la costante crescita e la propensione al miglioramento continuo. Ne vengono esposti i valori e la mission, è fornita una panoramica sui reparti produttivi e gli uffici aziendali per mostrare come l'azienda è organizzata. Infine, vengono presentate le diverse certificazioni di qualità in possesso di Comel e viene proposta una visione globale del sito produttivo e logistico con le varie sezioni in cui è suddiviso.

Il secondo capitolo è una rassegna teorica sul tema della Lean Production. È presentata l'evoluzione storica dalla produzione artigianale al Toyota production System, passando per la Mass Production. Dopo questo excursus di carattere storico, sono esposti i

cinque principi alla base Lean Thinking e le sette tipologie di spreco di Taiichi Ohno, figura fondamentale nella storia della gestione snella di tradizione giapponese. Il capitolo si conclude con un'esposizione teorica di alcune tecniche e strumenti utilizzati nel corso del lavoro di tesi.

Il terzo capitolo consiste nell'analisi della situazione attuale tramite la presentazione di diverse analisi svolte: analisi di Pareto, Group Technology e mappatura Value Stream dell'AS IS. I risultati di queste analisi costituiranno le motivazioni di base delle decisioni prese nelle azioni di miglioramento.

Il quarto capitolo è il fulcro del progetto di tesi. Qui viene presentata inizialmente la Muda Analysis con relativo Action Plan. Poi sono esposti sia il nuovo impianto di verniciatura sia l'attuale processo di verniciatura con tutte le analisi e le azioni di miglioramento intraprese, con relative motivazioni, modalità di esecuzione e risultati ottenuti. Infine, sono riassunte tutte le conclusioni e gli obiettivi centrati durante questo progetto di tesi.

CAPITOLO 1: COMEL S.P.A.

In questo primo capitolo viene presentata l'azienda metalmeccanica Comel S.p.A. (per semplicità, d'ora in avanti denominata Comel), partendo dalla sua fondazione fino alla situazione attuale. Se ne presentano i valori, l'organizzazione, le certificazioni di qualità, il polo produttivo e logistico con una rapida visione anche dell'impianto di verniciatura attuale.

1.1 Storia aziendale

La fondazione dell'azienda risale al 1970 per iniziativa del Sig. Luigino Giacometti, il quale avviò una piccola officina metalmeccanica a Polverara (PD) denominata Torneria di Giacometti Luigino. Venivano effettuati lavori di tornitura e fresatura con macchine utensili manuali. Dopo qualche anno, la proprietà decide di ampliare l'azienda per soddisfare le esigenze derivanti da un trend di crescita positiva. Così, nasce Lavorazioni Meccaniche Giacometti, sigla La.M.G., nel comune di Casalserugo (PD) che si occupa in maniera prevalente di lavorazioni per asportazione di truciolo.

Nel 1976 viene fondata ufficialmente Comel che, inizialmente, affianca La.M.G. sfruttando le griglie e le colonnine prodotte per realizzare altri tipi di prodotto finito, quali pavimenti sopraelevati per centri di calcolo. Gli anni fra il 1985 ed il 1988 rappresentano un momento importante per la crescita aziendale.

In particolare, nel 1985 si compie un passo importante per il miglioramento tecnologico e produttivo aziendale: viene acquistata una Amada Pega 244. Si tratta della prima punzonatrice automatica che consentì, nonostante l'utilizzo di un metodo di programmazione a nastro perforato, un notevole aumento della capacità produttiva ed una qualità superiore del prodotto fornito al cliente.

Nel 1986, Comel e Lavorazioni Meccaniche Giacometti vengono fuse sotto il nome comune di Comel per una notevole semplificazione della loro gestione.

L'anno 1988 rappresenta un momento importante dal punto di vista produttivo perché, per soddisfare le esigenze del primo cliente in termini di fatturato dell'epoca, viene acquistato un impianto di verniciatura a liquido. L'attenzione verso le esigenze dei clienti e la loro fidelizzazione ha sempre caratterizzato la filosofia Comel, consentendole di avere una crescita positiva costante anche nei periodi di crisi economica che hanno colpito la nostra economia.

Il biennio 1992-1993 rappresenta uno spartiacque per la storia aziendale.

Nel primo anno viene acquistata la prima linea di punzonatura-piegatura Salvagnini. Ciò consente di abbandonare le lavorazioni pesanti del metallo e di entrare nel mercato della carpenteria leggera come leader nella lavorazione di lamiera.

L'anno successivo (1993), la proprietà effettua un investimento importante acquistando un impianto di verniciatura a polvere automatizzato. In questo modo, Comel diventa una delle prime aziende in grado di fornire al cliente un servizio completo che va dalla lavorazione della lamiera alla verniciatura dei manufatti prodotti.

Nel 2002, il Sig. Giacometti prende la decisione di ampliare l'azienda in previsione di un aumento dei volumi produttivi. Il nuovo sito produttivo sorge ad Arre (PD) con uno stabilimento di 12.000 metri quadrati in fase iniziale.

Per migliorare il parco macchine, si procede all'acquisto di due macchinari per il taglio laser della lamiera, prodotti da Trumpf (leader mondiale del settore).

Dal punto di vista dell'organizzazione della produzione, l'azienda decide di passare da una logica a lotti ad una del tipo Just in Time per seguire le richieste mutevoli dei propri clienti.

Circa un decennio dopo, nel 2013, il polo di Arre viene ampliato di ulteriori 20.000 metri quadrati per soddisfare le esigenze di spazio di un nuovo impianto di verniciatura a polveri automatizzato.

Un ulteriore investimento è rappresentato da un impianto Trumpf punzonatrice-laser combinata, il quale garantisce flessibilità e tempi di setup azzerati, aumentando così l'efficienza produttiva. Inoltre, in ottica di aumentare il livello di servizio offerto ai clienti, il nuovo macchinario consente di realizzare geometrie più complesse.

Ad oggi, Comel si è ulteriormente ampliata arrivando ad occupare una superficie di circa 46.000 metri quadrati grazie al nuovo capannone realizzato durante il 2022. Questo investimento ha reso possibile alcune modifiche dei layout dei processi aziendali e dei magazzini, oltre allo studio di un nuovo impianto di verniciatura a polvere che consente all'azienda di sincronizzarsi sui moderni obiettivi di Industry 4.0, oltre a risolvere i problemi di produttività del processo collo di bottiglia dell'intero ciclo produttivo. Dunque, la proprietà continua a dimostrarsi attenta e ben propensa ad investimenti che possano consentire di proseguire la crescita intrapresa anni fa.

1.2 Valori e Mission

“Operare con onestà, trasparenza e buona fede, nel rispetto degli interessi dei clienti, dei dipendenti, dei partner commerciali e finanziari e della collettività in cui l’azienda è presente ed attiva con il proprio business.”

Il paragrafo soprastante è una citazione tratta direttamente dal sito aziendale. Esso riporta fedelmente la politica attuata dall’azienda.

Infatti, la persona ha un ruolo di primo piano e la centralità delle risorse umane è sempre riconosciuta, tutelata ed il loro valore viene promosso per accrescerne le competenze e la potenzialità.

Un altro aspetto importante è il rispetto e l’attenzione per le tematiche ambientali. A prova di ciò, su una vasta porzione del tetto sono stati installati i pannelli solari per poter sfruttare l’energia solare ed i controlli interni sono molto precisi e mirati per non avere un impatto sull’ambiente esterno.

Per quanto riguarda la mission: *“Qualità ed innovazione, nel rispetto delle regole”* è l’espressione del pensiero Comel. L’azienda si pone l’obiettivo di fornire prodotti completi e di qualità elevata, seguendo le esigenze del mercato e l’evoluzione tecnologica.

L’attenzione verso il cliente e le sue necessità è altissima, con un servizio che spazia dalla co-progettazione fino all’assemblaggio di parti complesse. Infatti, l’azienda si pone come partner affidabile che garantisce prodotti di qualità elevata e sempre propensa verso nuovi investimenti per mettere a disposizione le tecnologie più innovative, in grado di soddisfare ogni richiesta.

1.3 Comel oggi

Grazie al continuo sviluppo, oggi Comel si conferma leader a livello nazionale e fra le realtà europee più importanti nella lavorazione della lamiera con oltre 14.000 tonnellate di lamiera trasformata nel 2021¹.

Gli investimenti sono costanti (vedasi Figura 1.1), mirati e consentono di avere sempre a disposizione macchinari performanti ed all'avanguardia, in un'ottica di continuo miglioramento e rinnovamento aziendale.

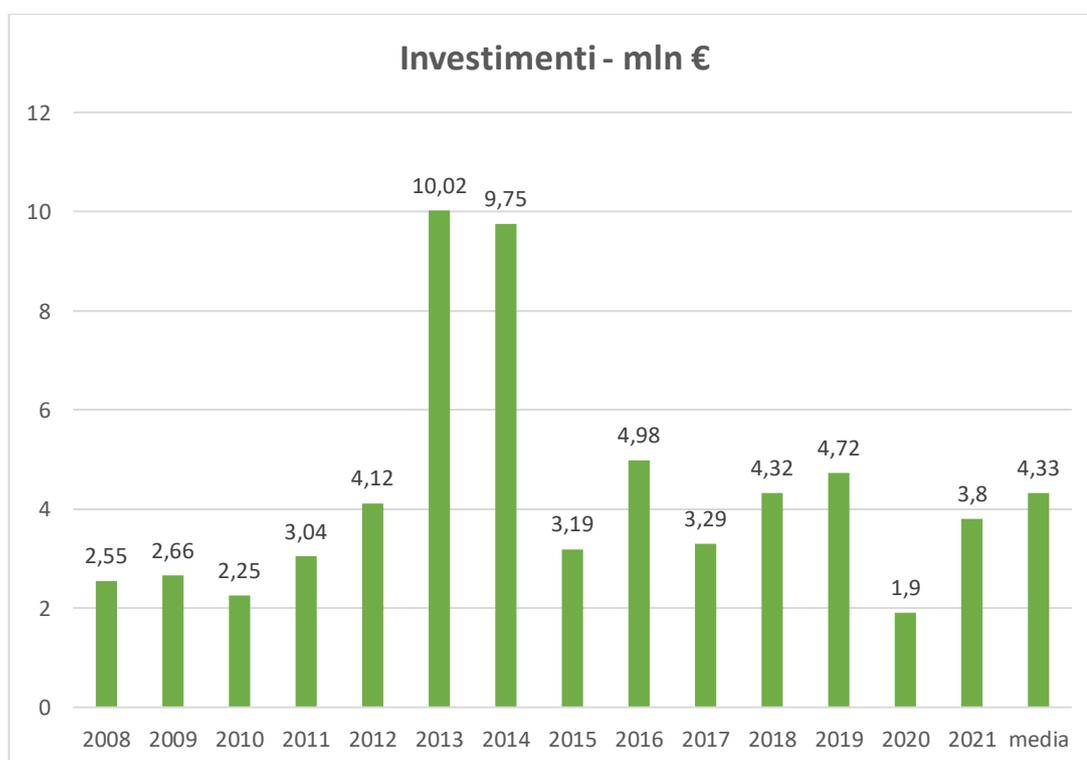


Figura 1.1 Investimenti Comel per anno

Come si nota dal grafico, nel biennio 2013-2014 gli investimenti sono stati molto consistenti dato che il polo di Arre è stato notevolmente ampliato.

¹ Dati Comel aggiornati al 2022.

Per poter contestualizzare in modo ottimale gli investimenti, si propone di seguito in Figura 1.2 l'andamento annuo del fatturato di Comel per poter fare un confronto fra somme investite e fatturato annuo.

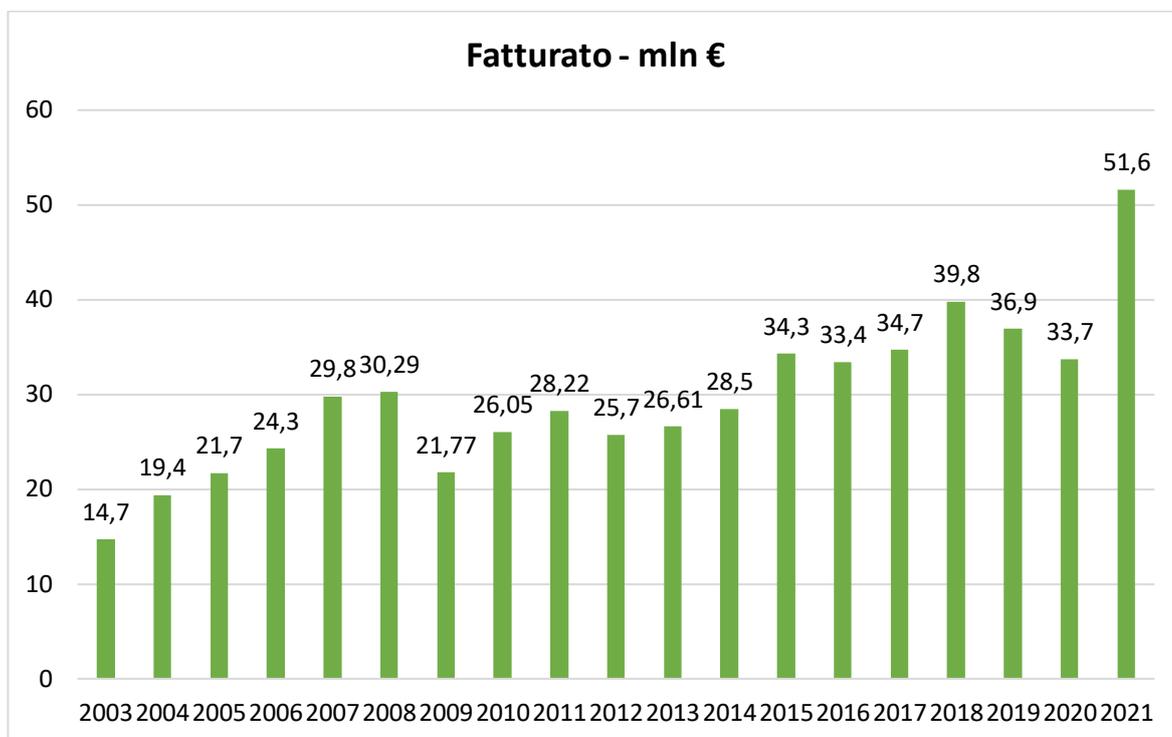


Figura 1.2 Fatturato Comel per anno

Dunque, appare subito evidente la propensione della proprietà verso l'investimento in nuove tecnologie, spinta anche dal portafoglio clienti che presenta diverse multinazionali con richieste molto elevate in termini di qualità, puntualità e complessità.

Con riferimento alla Figura 1.2 si nota come, dal punto di vista economico, negli ultimi 20 anni l'azienda abbia seguito un percorso complessivo di costante crescita del fatturato, ad eccezione dell'anno 2009 e della importante crisi economica che ha colpito l'economia. Nonostante quel periodo negativo, Comel ha saputo reagire fino ad

arrivare a registrare nel 2021 il record di fatturato di quasi 52 milioni di euro. In Figura 1.3 si vede la linea di tendenza esponenziale di crescita.

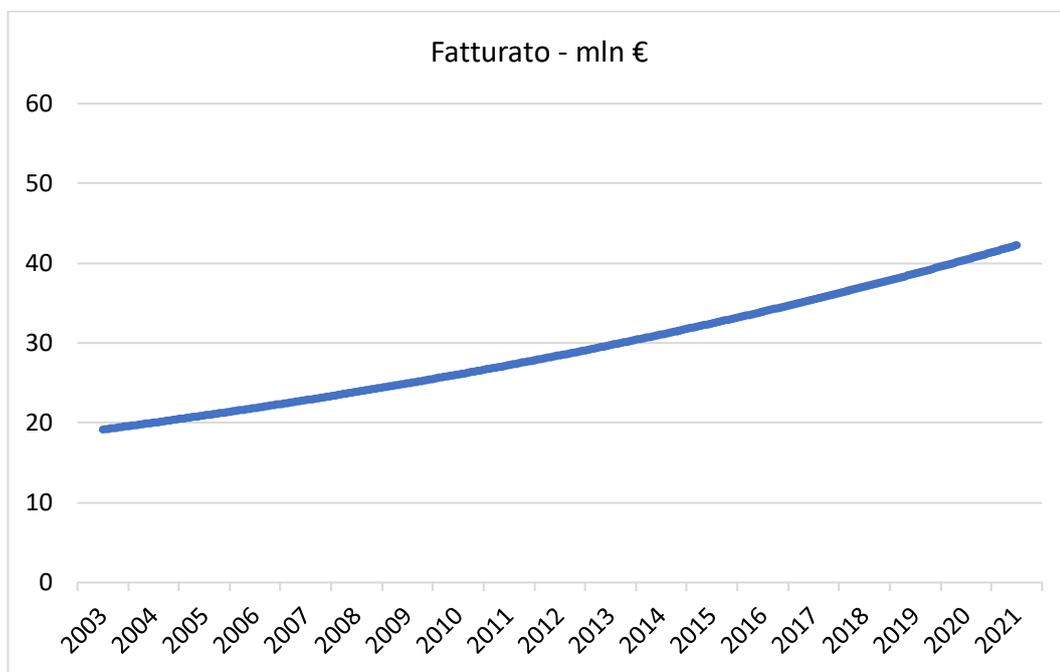


Figura 1.3 Trend di crescita annuo

Questi ottimi risultati sono il frutto di una gestione aziendale oculata da una parte, e dalla capacità di mantenere solidi rapporti con i propri clienti dall'altra. Inoltre, il portafoglio si è ulteriormente ampliato consentendo a Comel di diversificare i settori di appartenenza dei propri clienti (come si vede in Figura 1.4) e, quindi, di riuscire ad ammortizzare eventuali contrazioni di mercato in alcuni settori specifici.

I settori principali in cui operano i clienti sono il trattamento e condizionamento dell'aria, ma anche i settori Automotive e della ristorazione industriale hanno una importanza non di secondo piano.

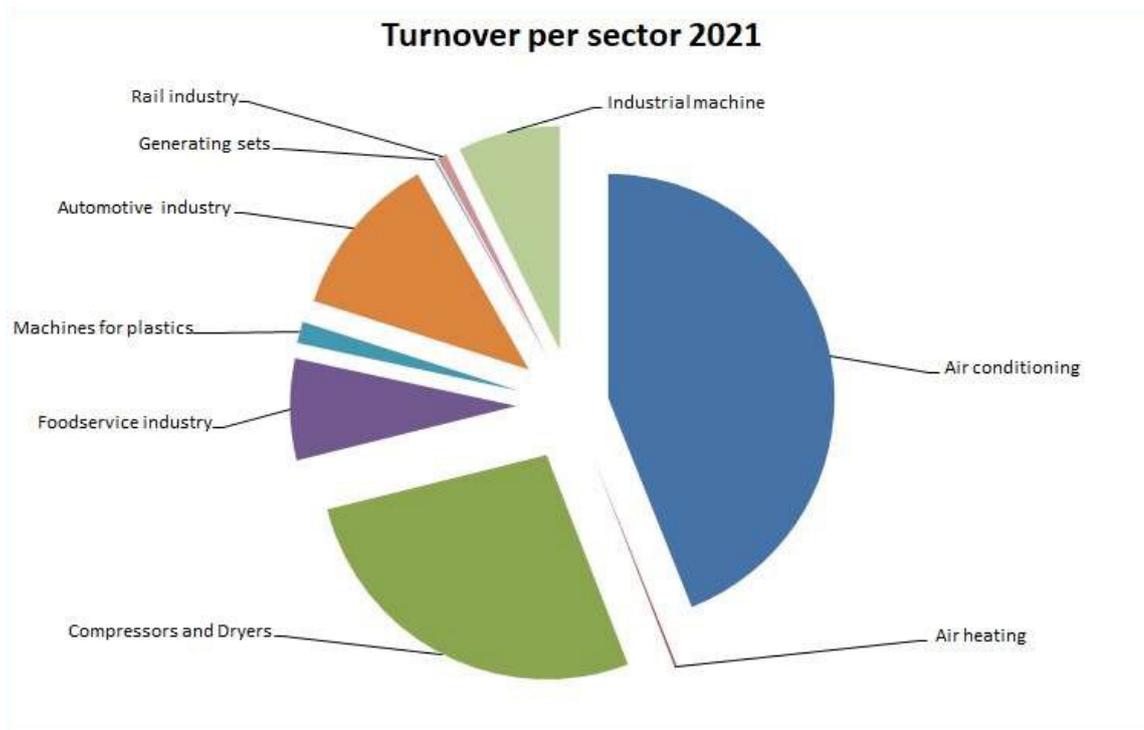


Figura 1.4 Mercati di appartenenza del portafoglio clienti 2021

Per quanto riguarda il personale, il numero di lavoratori è aumentato proporzionalmente con la crescita aziendale.

Attualmente, in Comel lavorano 248 persone. Di queste, 206 sono operatori specializzati e suddivisi nei vari reparti produttivi, mentre 42 sono impiegati e suddivisi nei diversi uffici.

La figura 1.5 propone l'organigramma aziendale con la struttura organizzativa adottata in Comel con una sintesi delle relazioni tra il personale descritto sopra.

1.4 Descrizione degli uffici e dei reparti Comel

Le 248 persone che lavorano in Comel sono suddivise fra reparti produttivi ed uffici. Se ne effettua di seguito una rapida presentazione, allo scopo di fornire un'idea generale dei processi aziendali mediante i quali l'azienda è in grado di fornire un servizio completo al cliente, partendo dalla progettazione fino alla consegna del prodotto finito.

- UFFICIO TECNICO: il team dell'ufficio tecnico utilizza software CAD 2D/3D ed è in grado di fornire soluzioni innovative su misura in base esigenze dei clienti, generando disegni e programmi per le macchine operatrici utili per l'industrializzazione del prodotto.
- UFFICIO TECNICO-COMMERCIALE: il team dell'ufficio tecnico-commerciale è composto da personale che si interfaccia con i clienti cercando di soddisfarne le richieste allineandole alle esigenze della Comel.
- UFFICIO AMMINISTRAZIONE: è composto da personale che controlla e provvede agli aspetti economico – finanziari aziendali.

- UFFICIO PRODUZIONE: questo ufficio è composto da diverse figure che ricoprono diverse mansioni. C'è un Production Manager affiancato da un Production Planner che coordinano i vari responsabili di reparto al fine di seguire il piano di produzione stilato periodo per periodo. In questo stesso ufficio è presente anche il Quality Manager che gestisce tutto ciò che concerne la qualità dei prodotti realizzati ed eventuali non conformità segnalate dai clienti. A stretto contatto con queste persone opera il Continuous Improvement Manager che si occupa dell'ottimizzazione dei processi con una vista di ampio spettro sull'intera azienda. Infine, è presente anche una figura che ha il compito di collegare l'amministrazione con l'ufficio produzione per quanto le riguarda le tematiche economiche di fornitori e clienti.
- UFFICIO LOGISTICA E SPEDIZIONI: è composto da personale che si occupa del ricevimento merci in ingresso e della spedizione verso clienti e fornitori esterni, gestendo la flotta di sei camion di proprietà Comel.

Per quanto riguarda i reparti produttivi, se ne propone di seguito una rapida panoramica.

- TAGLIO LASER: l'operazione di taglio lamiera era affidata alle punzonatrici fino al 2004, anno in cui l'azienda acquistò il primo impianto Trumpf 3050.

I risultati furono estremamente positivi.

Il campo di lavoro fino a 4000 x 2000 mm con spessore da 0,6 a 20 mm ha garantito competitività su piccoli lotti di produzione. La flessibilità e la versatilità produttive aumentarono nettamente, grazie alla possibilità di produrre componenti diversi sullo stesso foglio di lamiera. Ciò è garantito dal nesting eseguito dai responsabili del reparto.

Inoltre, la qualità elevata sia dal punto di vista estetico sia da quello meccanico è garantita dalle lavorazioni a CO₂ e con laser fibra.

Questo convinse l'azienda, l'anno seguente, ad investire in altri due impianti Trumpf (un 4050 ed un 5030).

Nel 2014, Comel decise di sostituire l'impianto Trumpf 3050 con un nuovo laser fibra Trumpf 5030 con magazzino automatico Trustore 3030 da 58 postazioni², come quello presentato in Figura 1.6.

Il reparto Taglio laser risulta essere uno dei più produttivi dell'azienda grazie alle circa 3000 tonnellate di lamiera annue tagliate.

Anche per questo motivo, negli ultimi anni sono state acquistate alcune macchine combinate Trumpf che consentono di aggiungere anche la velocità e la precisione dimensionale della punzonatura ad un processo già molto performante.

² https://www.trumpf.com/it_IT/ (consultato il giorno gennaio 2, 2023)



Figura 1.6 Laser Trumpf Trulaser 5030 con magazzino lamiera Trustore 3030 (fonte: sito Trumpf)

- PUNZONATURA e PANNELLATURA: il reparto di punzonatura e pannellatura rappresenta il punto di forza dell'azienda. Infatti, Comel vi dedica una costante attenzione alla manutenzione ed al miglioramento del parco macchine per mantenere una produttività elevata abbinata ad ottimi livelli di qualità, requisiti imprescindibili per soddisfare le necessità dei clienti.

L'ultima macchina ad essere stata acquistata è una Salvagnini, nel secondo trimestre del 2019. Ad oggi, il parco macchine comprende 7 punzonatrici Salvagnini³ e una Amada.

In particolare, le linee automatiche di punzonatura e piegatura Salvagnini con magazzino automatico sono macchinari ad alto contenuto tecnologico, fondamentali per il ciclo produttivo.

³ <https://www.salvagnini.it/> (consultato il giorno gennaio 2, 2023).

Queste macchine consentono di ottenere, in un unico ciclo di lavorazione, particolari semilavorati che richiederebbero, altrimenti, due lavorazioni autonome (la punzonatura e la piegatura).

Infatti, riescono ad eseguire la movimentazione automatica dei pezzi, comprese rotazioni e ribaltamenti. Tutto ciò, coniugando anche un'elevatissima produttività ad una qualità altrettanto elevata.

Nella Figura 1.7 sottostante, si riporta un esempio di linea automatica Salvagnini che comprende le operazioni di punzonatura e piegatura della lamiera.

Più precisamente, possono essere punzonate lamiere fino allo spessore di 3 mm con dimensioni massime di 3050 x 1500 mm. Per quanto riguarda la piegatura, valgono gli stessi limiti dimensionali per tutti i tipi di metallo tranne che per l'acciaio inossidabile, per il quale ci si può spingere fino ai 2 mm di spessore.



Figura 1.7 Linea automatica Salvagnini con magazzino automatico

- PIEGATURA MANUALE E ROBOTIZZATA: è un reparto verso il quale Comel pone molta attenzione, data la sua importanza all'interno dei cicli produttivi dei diversi prodotti. In Figura 1.8 si propone una vista generale del reparto.

Infatti, le piegatrici sono fornite da aziende leader del settore come Trumpf e sono rinnovate costantemente per garantire sempre un livello qualitativo ottimale, un controllo dell'angolo di piega sempre più accurato, sicurezza dell'operatore e precisione dimensionale. Inoltre, l'azienda ha anche molti utensili che garantiscono una flessibilità considerevole sia su grandi lotti di produzione, sia su lotti di quantità minore, abbattendo i tempi ciclo.

Le parti lavorate sono le più varie ed i profili di piega ottenibili possono essere anche molto complessi, dato che la lunghezza può essere compresa tra 1 e 4 metri ed i 12 assi di movimento sono abbinati al fatto che le piegatrici siano macchine CNC con azionamento idraulico, ibrido ed elettrico. Questo consente di non avere la necessità di rilavorare più volte il pezzo per ottenere il profilo desiderato.



Figura 1.8 Reparto di piegatura manuale Comel

Oltre alle piegatrici manuali, Comel dispone anche della piegatura robot (Figura 1.9)

In particolare, l'azienda si è dotata di più celle di piegatura robot con baie di carico e scarico, nastri trasportatori e ribaltatori, rendendo la lavorazione estremamente flessibile ed efficiente. Infatti, grazie alla capacità di setup automatico, la cella robotizzata presenta una produttività elevata e può essere sfruttata anche durante le ore notturne senza la presenza del personale. I livelli di efficienza sono circa del 90%.

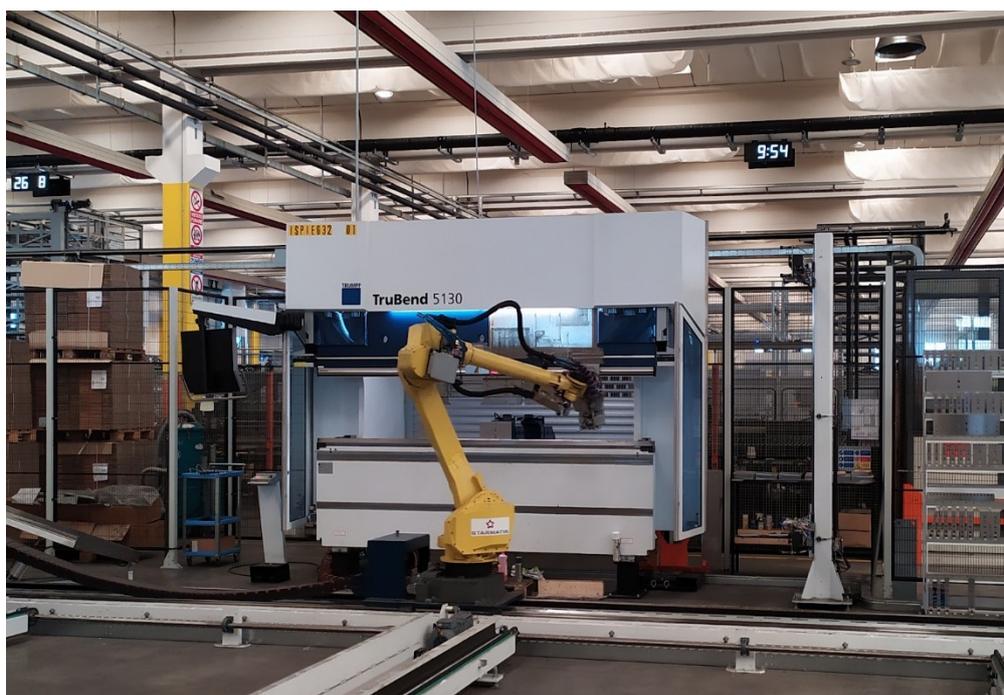


Figura 1.9 Cella di piegatura robotizzata

- SALDATURA E MONTAGGIO OFFICINA: questo reparto è in grado di soddisfare le richieste del cliente in termini di lavorazioni di saldatura, puntatura, montaggio di inserti, perni e componenti.

Ci sono 16 postazioni di saldatura manuale e 10 postazioni di puntatura manuale con tecnologie MIG e TIG⁴, più varie postazioni di assemblaggio di componenti metallici. Inoltre, gli operatori sono anche in grado di effettuare operazioni di satinatura e rifinitura su alluminio ed acciaio inossidabile per consentire al cliente di assemblare il prodotto direttamente in linea, rispondendo alle esigenze moderne di produzione snella.

Completano il reparto una macchina per la sbordatura di convogliatori di varie dimensioni e da alcune presse per lo stampaggio di perni e deformazione della lamiera.

A testimonianza della grande attenzione che Comel pone nei confronti della qualità dei propri prodotti, nel 2014 sono state aggiunte le certificazioni UNI EN ISO 3834-2: 2006 e UNI EN 15085-1 a quelle già in possesso da parte dell'azienda, delle quali si parlerà più avanti in questo capitolo.

Queste nuove certificazioni garantiscono che le operazioni di saldatura e puntatura sono realizzate secondo i più alti standard qualitativi.

In Figura 1.10 si propone una visuale del reparto di saldatura Comel.

⁴ MIG e TIG sono due tipologie diverse di saldatura. Con MIG si intende una saldatura a filo con gas inerte o attivo. Con TIG si intende una saldatura senza filo e con gas inerte o riducente (come una miscela di argon ed idrogeno).



Figura 1.10 reparto di saldatura Comel

- **MONTAGGIO**: in Comel sono presenti 3 reparti di montaggio, distinti in base ai clienti serviti ed alla tipologia di operazione che viene svolta. In questi reparti si effettuano assemblaggi dei manufatti in acciaio inox, alluminio e verniciati. Per completare le operazioni si esegue una finitura con silicone, applicazione di diverse guarnizioni, coibentazioni e componenti di vario genere. Gli operatori di questi reparti sono specializzati sia nelle attività di assemblaggio, sia in quelle di kitting. Infatti, oltre all'imballo di codici singoli, l'azienda offre anche il servizio di fornitura di kit di codici diversi imballati secondo parametri funzionali ed estetici che sono indicati dal cliente o che vengono studiati in collaborazione con Comel stessa.

- VERNICIATURA: Comel ha sempre creduto nell'importanza di fornire un servizio completo e di qualità elevata ai propri clienti. Per fare ciò, la verniciatura è sempre stata integrata nel proprio ciclo produttivo. L'azienda si avvale di fornitori esterni qualificati e certificati solo se il cliente richiede lavorazioni specifiche quali, a titolo di esempio, zincatura a caldo o a freddo, lucidatura, pallinatura, burattatura.

L'attuale impianto di verniciatura a polveri risale al 2014, anno in cui fu inaugurato anche un nuovo capannone da 17500 metri quadrati studiato appositamente. Questo impianto è composto da 2 baie di carico, un tunnel di pre-trattamento dei pezzi a 7 stadi (2 sgrassaggi alcalini, 2 risciacqui, 1 passivazione con nanotecnologie, 2 risciacqui con acqua demineralizzata), un forno di asciugatura, 3 cabine automatiche di verniciatura (delle quali una è dotata anche di 2 robot per il ritocco delle parti più complesse da verniciare, mentre le altre due cabine prevedono il ritocco manuale eseguito dagli operatori), un forno di cottura per fissare la polvere al pezzo e 3 baie di scarico finale.

La qualità dei verniciati è costantemente monitorata dal responsabile della qualità del reparto ed è presente un laboratorio di analisi chimiche per studiare, ad esempio, i comportamenti a corrosione delle zone critiche di un pezzo. In particolare, a testimonianza dell'importanza che Comel ripone nello studio dei dettagli, è stato anche eseguito uno studio congiunto con l'Università di Padova per analizzare il problema degli spigoli dei pezzi come punto di innesco per la corrosione.

Si propone in Figura 1.11 un layout semplificato.

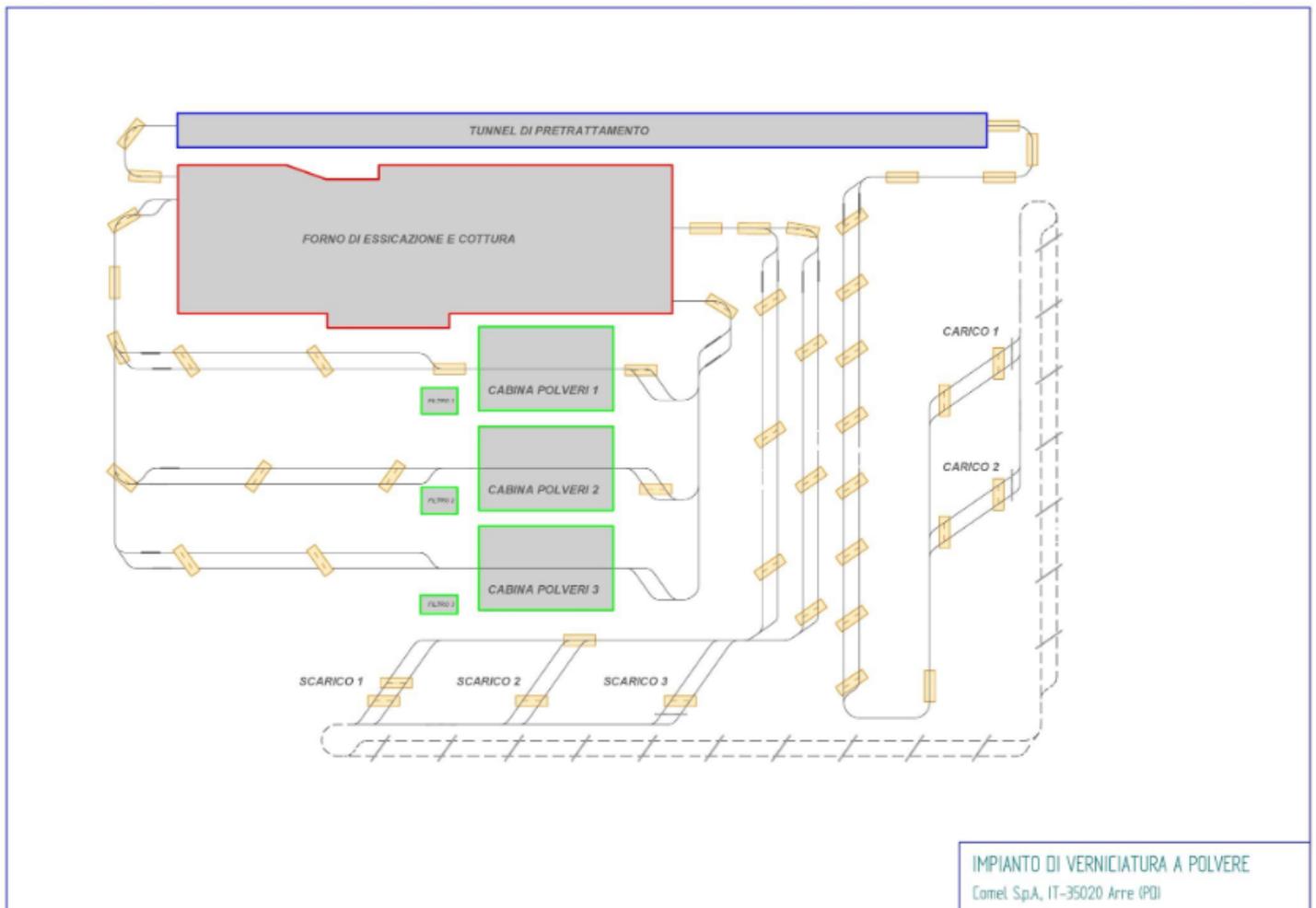


Figura 1.11 Schema dell'impianto di verniciatura attuale

L'azienda è fortemente orientata verso la ricerca di soluzioni tecniche sempre migliori.

Infatti, durante l'anno 2022 ha studiato e progettato, congiuntamente con alcuni fornitori leader mondiali del settore, un nuovo impianto di verniciatura a polvere che verrà inaugurato a giugno 2023. Questo nuovo impianto consentirà di rispondere alle nuove esigenze aziendali di avere una produttività ancora maggiore e di poter organizzare la produzione in maniera più efficiente, riuscendo a diminuire i costi della verniciatura e anche

a collegare a flusso le fasi di verniciatura e montaggio per i prodotti altorotanti individuati in base ad apposite analisi che saranno proposte in seguito.

1.5 Certificazioni di qualità

L'azienda, come già espresso in precedenza, è molto attenta al tema della qualità. Lo dimostrano le numerose certificazioni ottenute negli anni, delle quali ora viene fornita una rassegna:

- UNI EN ISO 9001: ottenuta nel 2002, è la norma internazionale per i Sistemi di Gestione per la Qualità. Essa certifica che l'azienda sia focalizzata sul cliente, presenti una leadership adeguata, coinvolga il personale, applichi un approccio per processi e volto al miglioramento continuo, prenda decisioni basate su dati di fatto ed adotti rapporti di reciproco beneficio con i fornitori⁵.
- UNI EN ISO 14001: ottenuta nel 2011, è lo standard di gestione ambientale che determina, per una qualsiasi organizzazione, i requisiti di un sistema di gestione ambientale. In particolare, la ISO 14001 << definisce un “Sistema di gestione Ambientale come parte del sistema di gestione aziendale volto a gestire gli aspetti ambientali, soddisfare gli obblighi di conformità legislativa e affrontare e valutare i rischi e le opportunità⁶ >>.
- BS OHSAS 18001: ottenuta nel 2013, è lo standard che illustra i requisiti per un Sistema di Gestione per la Salute e la Sicurezza

⁵<https://www.gcerti.it/certificazioni-uni-en-iso-9001> (consultato il giorno gennaio 3, 2023)

⁶<https://www.intertek.it/certificazione-sistema/iso-14001/> (consultato il giorno gennaio 3, 2023)

dei Lavoratori, necessari per il controllo dei rischi di sicurezza sul lavoro, migliorare le proprie performance ed eliminare (o minimizzare) i rischi per il personale. Tale norma è stata poi sostituita dalla UNI EN ISO 45001, anch'essa in possesso dell'azienda.

- UNI EN ISO 3834-2 e UNI EN ISO 15085-2: ottenute nel 2014, sono norme relative alla qualità della saldatura per la fabbricazione e la riparazione di elementi strutturali. La prima norma definisce i requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici, mentre la seconda norma definisce i requisiti per chi esegue le saldature e le procedure per il loro riconoscimento.
- QUALISTEELCOAT: ottenuta nel 2016, certifica che il processo di verniciatura Comel sia omologato rispetto a tutti i requisiti richiesti dalla norma EN 1090 per quanto riguarda la protezione contro la corrosione delle strutture in acciaio⁷ e la ISO 12944, per quanto riguarda la protezione dalla corrosione delle strutture di acciaio mediante verniciatura.

1.6 Sistema produttivo in Comel

Comel è un'azienda che presenta più di 10.000 particolari differenti prodotti nell'arco degli ultimi dodici mesi, con quantitativi che variano dal singolo particolare a lotti di qualche centinaio di pezzi.

⁷ Come spiegato nella presentazione dei reparti, Comel ha studiato, congiuntamente con l'Università di Padova, il problema dei punti di innesco della corrosione, individuando specifiche soluzioni al problema.

Risultano evidenti, quindi, la complessità gestionale, organizzativa e produttiva intrinseche nell'azienda.

Si propongono di seguito le figure 1.12 ed 1.13 che illustrano alcune classificazioni standard delle aziende dal punto di vista del modo di rispondere alla domanda del cliente, in modo tale da poter meglio contestualizzare, successivamente, l'azienda Comel.

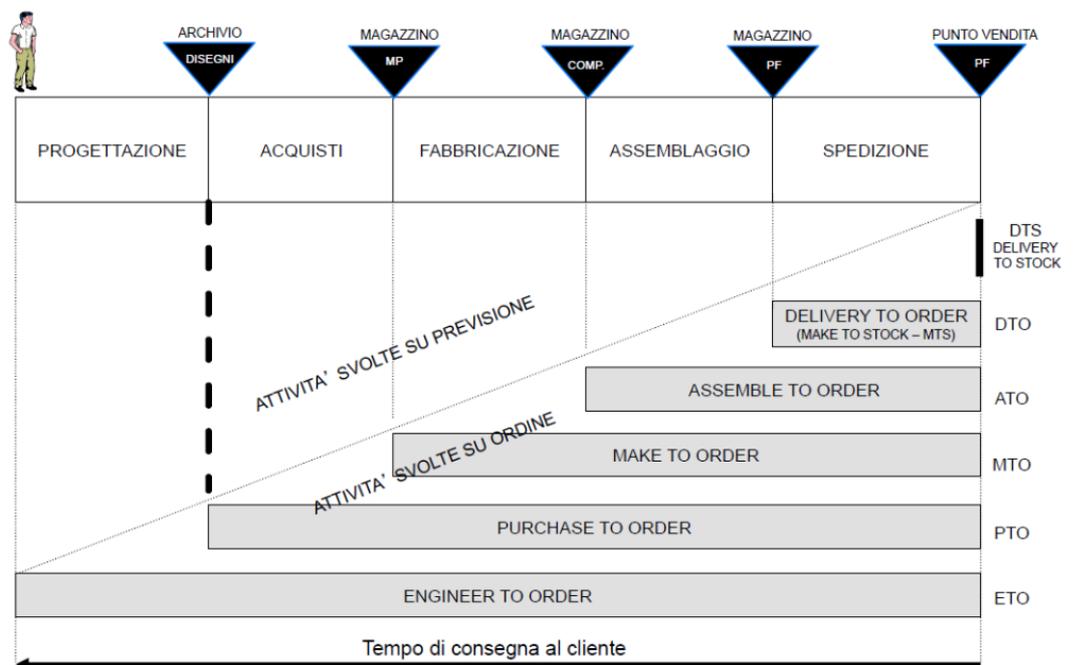


Figura 1.12 Classificazione di Wortman (Fonte: slide del corso OPSL del Prof. Panizzolo)

In Figura 1.12 viene rappresentata la classificazione di Wortman, il quale suddivide le aziende in categorie a seconda del cosiddetto “decoupling point”, ovvero il punto di distinzione fra le attività svolte su previsione e quelle svolte su ordine.

In alto sono elencate le principali attività svolte, mentre sulla destra si notano delle sigle che sono di seguito spiegate:

- DTS (Delivery To Stock) indica che tutte le fasi sono svolte su previsione, compresa la spedizione stessa dei prodotti;
- DTO (Delivery To Order) / MTS (Make To Stock) indicano la situazione in cui solo la spedizione è eseguita su ordine, mentre le fasi a monte sono svolte su previsione;
- ATO (Assembly To Order) rappresenta le aziende che producono semilavorati e li immagazzinano. Le fasi di assemblaggio e spedizione sono svolte solo dopo la ricezione dell'ordine;
- MTO (Make To Order) indica che solamente le fasi di progettazione eventuale ed acquisto dei materiali sono svolte su previsione, mentre le fasi a valle sono svolte su ordine del cliente;
- PTO (Purchase To Order) indica che anche la fase di acquisto del materiale è svolta solo in seguito alla ricezione dell'ordine del cliente;
- ETO (Engineering To Order) indica quelle aziende dove anche la fase di progettazione è svolta su ordine.

Tipicamente, le aziende che lavorano su commessa sono inserite in questa classificazione⁸ (De Toni, Panizzolo e Villa, *Gestione della Produzione*).

In base a questa classificazione, si può affermare che Comel non rientra in una categoria in maniera definita e netta.

Infatti, a seconda del cliente preso in esame, le logiche differiscono notevolmente. Ci sono clienti con i quali vale la logica produttiva ETO, dato che viene co-progettato il prodotto per rispondere al meglio ad ogni esigenza.

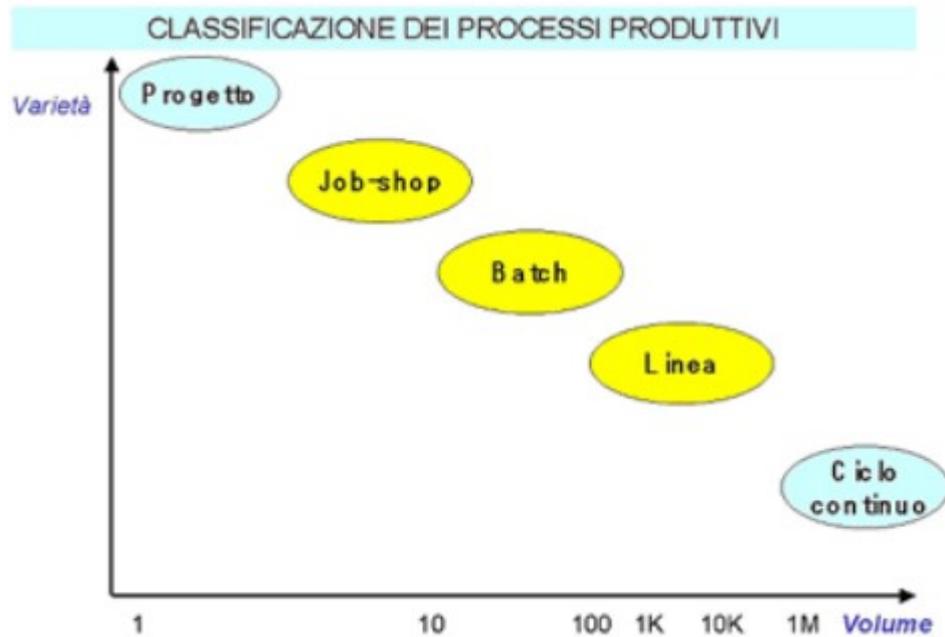
Altri clienti, per i quali Comel ha una linea di montaggio dedicata, rientrano nella categoria MTS perché i prodotti vengono messi a magazzino e le spedizioni avvengono sulla base degli ordini ricevuti.

Per quanto riguarda la gestione produttiva ordinaria, si può affermare che la logica seguita sia quella del MTO. Va specificato, inoltre, che con alcuni clienti sono stati implementati sistemi Kanban per la gestione delle loro scorte, mentre con altri ci si basa sul loro piano di produzione per essere in grado di consegnare i prodotti quanto più in ottica Just in Time possibile.

Una seconda classificazione, proposta in Figura 1.13, riguarda la distinzione dei processi sulla base di due variabili: volume e varietà⁹ (Slack, Brandon-Jones, Danese, Romano, Vinelli, *Gestione delle Operations e dei Processi*).

⁸ De Toni, Alberto F., Roberto Panizzolo e Agostino Villa, *Gestione della Produzione*. Isedi, 2013

⁹ Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Pamela Danese, Pietro Romano, Andrea Vinelli, *Gestione delle Operations e dei Processi*, Pearson, quinta edizione.



*Figura 1.13 Classificazione dei processi a seconda del volume e della varietà
(Fonte: sito web logicamente.it)*

- Processi a progetto: presentano un'altissima varietà e volumi bassissimi, in alcuni casi anche unitari. I prodotti sono altamente specializzati e le attività da svolgere si modificano nel corso del tempo e non sono ben definite fin da subito;
- Processi per reparti (Job shop): la varietà è elevata ed i volumi sono bassi, le risorse sono condivise fra i vari prodotti e c'è grande flessibilità;
- Processi a lotti (Batch): in base alla dimensione del lotto, possono assomigliare molto ai processi per reparti oppure

ai processi di linea. Hanno meno varietà dei processi per reparti e le attività sono più standard;

- Processi di massa (Linea): la varietà è bassa ed i volumi diventano di dimensioni importanti. Le attività sono ripetitive e prevedibili;
- Processi continui: i volumi sono ancora più elevati e la varietà è ancora più limitata (anche unitaria).

In base alla classificazione appena esposta, i processi Comel rientrano nella categoria per reparti/a lotti.

Viene fornita di seguito una lista di prodotti dell'azienda, a titolo di esempio:

- Componenti per dispositivi industriali per trattamento, condizionamento e riscaldamento dell'aria (convogliatori, carenature, basi di appoggio serbatoi, telaio e struttura esterna per refrigeratori);
- Componenti per dispositivi per la diagnostica e la manutenzione di autovetture (cabinet);
- Componenti per strutture espositive della GDO (scaffalature, strutture banchi frigoriferi)
- Componenti per dispositivi per gruppi elettrogeni e di continuità (carenature)

- Componenti per strutture per il settore ferroviario (struttura per gruppi di condizionamento carrozze ferroviarie);

1.7 Stabilimento produttivo

Lo stabilimento produttivo di Comel si trova in via Sorgaglia n.21, ad Arre (PD).

Ad oggi, ricopre una superficie di circa 46.000 metri quadrati grazie al nuovo capannone edificato durante il 2022, necessario per consentire l'installazione del nuovo impianto di verniciatura acquistato nell'anno medesimo.

Nella stessa sede trovano spazio tutti i diversi reparti produttivi (dal taglio laser fino al montaggio finale, presentati in precedenza nel capitolo), tutti i diversi uffici (compreso l'ufficio amministrazione, il che consente di avere un confronto quotidiano fra produzione, area commerciale, ufficio tecnico ed amministrazione sull'andamento e le necessità aziendali) e l'area della logistica che gestisce le spedizioni e la ricezione di merci in ingresso (sia dei fornitori di conto lavoro, sia delle materie prime) gestendo e coordinando la flotta di 5 camion di proprietà Comel ed eventuali fornitori di servizio logistico.

Si propone di seguito, in Figura 1.14, una vista aerea dell'intero stabilimento:

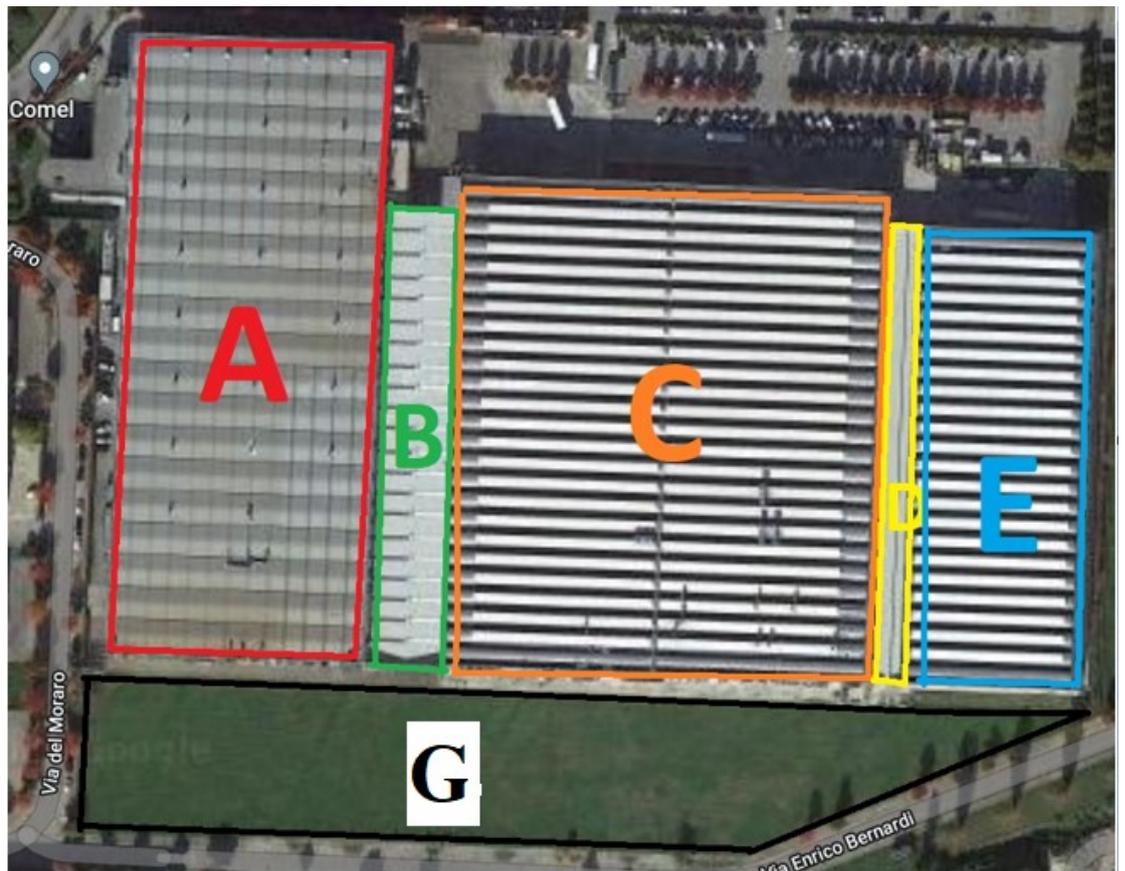


Figura 1.14 vista aerea dello stabilimento produttivo con suddivisione in aree

Sono contrassegnate sei zone colorate, con le lettere alfabetiche dalla A alla G indicanti le ubicazioni del materiale (in ottica futura, la lettera F sarà rappresentata dalle zone comprese tra il capannone G e le restanti aree del sito produttivo):

- A: sito della produzione meccanica, di circa 15.000 metri quadrati, comprendente anche gli uffici della produzione e ed adiacente alla zona degli uffici amministrativi, commerciale e tecnico;

- B: zona intermedia adibita alla preparazione e stoccaggio dei materiali da inviare ai fornitori di conto lavoro e dove viene ricevuta la merce;
- C: sito dell'impianto di verniciatura attuale, del magazzino di WIP (materiale in attesa di essere verniciato) e di prodotto finito, di 2 reparti di assemblaggio finale e degli uffici della logistica.
 Occupa circa 18.000 metri quadrati ed ospiterà il nuovo impianto di verniciatura, dunque il layout interno è già in fase di modifica;
- D: zona intermedia adibita allo stoccaggio di pallet ed imballi;
- E: zona adibita al kitting, alla ricezione merci e al magazzino di prodotto finito. Anche quest'area è interessata da importanti modifiche del layout interno nell'ottica del nuovo impianto di verniciatura. Infatti, tutto ciò che concerne l'attività di kitting sarà spostato nel nuovo capannone F;
- G: zona dove è stato edificato il nuovo capannone dove troverà spazio l'attività di kitting, come anticipato al punto precedente.

CAPITOLO 2: LA FILOSOFIA LEAN

Il capitolo seguente propone una panoramica storica a partire dalla produzione artigianale, passando per la Mass Production di stampo Fordista fino ad arrivare al Toyota Production System (TPS), preludio della Lean Production. Successivamente, sono presentati e descritti i cinque principi del Lean Thinking e le sette tipologie principali di spreco che necessitano di essere analizzate e ridotte il più possibile in azienda.

Il capitolo si conclude con una rassegna teorica di alcune tecniche e strumenti di gestione snella che sono state utilizzate durante lo svolgimento del presente lavoro di tesi.

2.1 Evoluzione storica

Fino al 1760, il modello produttivo di riferimento era la *produzione artigianale*. La figura dell'artigiano altamente qualificato risultava, quindi, di fondamentale importanza.

Infatti, egli si occupava di tutte le attività che andavano svolte per produrre un qualsiasi tipo di manufatto che il cliente richiedesse. Questo garantiva sicuramente un'ottima qualità finale, un grado di personalizzazione decisamente elevato ed un'attenzione ai dettagli estrema. Sostanzialmente, si può affermare che ogni prodotto fosse unico e questo è uno dei grandi vantaggi della produzione artigianale.

Di contro, uno dei maggiori svantaggi è lo scarso volume produttivo. Infatti, se la qualità e la customizzazione sono molto spinte, a risentirne è la quantità di prodotti che un artigiano (o un operaio) è in grado di produrre in un determinato lasso temporale. Ovvero, lavorare su economie di scala non è possibile e i costi di produzione aumentano notevolmente rispetto ad una produzione con grandi quantità di prodotto finito.

Il passaggio dalla produzione di stampo artigianale alla *Mass Production* è favorito dalle due rivoluzioni industriali che si sono susseguite fra la seconda metà del Settecento e la fine dell'Ottocento, le quali hanno portato all'introduzione di nuove scoperte tecnico – scientifiche.

Un'importanza notevole viene attribuita anche agli studi svolti dal professore americano *Frederick Taylor* (1856-1915), raffigurato in Figura 2.1, ideatore dell'organizzazione scientifica del lavoro.



Figura 2.1 Frederick Taylor (Fonte: wikipedia)

Nel suo libro “Principles of Scientific Management”, Taylor suggerisce di applicare tecniche scientifiche per migliorare la produttività e per superare il livello amatoriale del management dell’epoca. Il professore introdusse anche temi come la suddivisione del tempo di lavoro per ottimizzare le fasi di un ciclo di produzione, la definizione precisa dell’insieme di movimenti che ogni operatore avrebbe dovuto compiere ed i tempi per eseguire queste attività. Secondo queste teorie, grazie alla ripetitività e semplicità delle operazioni da svolgere, anche un operatore non specializzato riesce a raggiungere alti livelli di specializzazione ed una efficienza elevata. Questi concetti teorici furono applicati per la prima volta in maniera importante dall’imprenditore statunitense *Henry Ford* (1863-1947) (Figura 2.2), proprietario dell’omonima azienda automobilistica.



Figura 2.2 Henry Ford e una Model T (Fonte: Treccani.it)

Ford applicò le teorie di Taylor nella sua fabbrica situata a River Rouge (Figura 2.3), con l'intento di riuscire a produrre automobili con costi di produzione nettamente inferiori. Questo avrebbe dato la possibilità di abbassare il prezzo di vendita delle automobili (fino a quel momento considerate un bene di lusso) ad un livello tale che la classe media americana avrebbe potuto acquistarla, aprendo le porte ad un mercato di dimensioni enormi rispetto a quello dell'epoca.

Nacque, così, il sistema produttivo denominato *Produzione di Massa* (Mass Production) proprio per il fatto che il prodotto finito era acquistabile da un mercato di milioni di potenziali clienti.



Figura 2.3 Impianto di River Rouge (Fonte: eu.freep.com)

Il modello di automobile prodotto era la classica Ford Model T (Figura 2.4) e, citando l'imprenditore, *“ogni cliente può avere una Ford T di qualunque colore desideri, purché sia nera”*. La citazione ben rappresenta il livello di standardizzazione che veniva applicato, con una Model T prodotta ogni 50 secondi. Ciò ha consentito all'azienda di vendere 16 milioni di automobili, numeri impressionanti per l'epoca.



Figura 2.4 Ford Model T (Fonte: designindex.it)

Per la prima volta nell'ambito industriale, il lavoratore stava fermo nella sua postazione e il prodotto scorreva lungo il flusso studiato appositamente e non viceversa, consentendo una netta ottimizzazione dei tempi necessari per eseguire le attività.

Le caratteristiche principali della Mass Production sono elencate di seguito¹⁰:

- Processo produttivo scomposto in singole operazioni elementari
- Specializzazione del lavoro
- Elevati volumi produttivi
- Economie di scala
- Diminuzione dei prezzi (perché diminuiscono i costi e, grazie ai due punti precedenti, ciò consente una commercializzazione del prodotto ad un mercato più ampio)
- Standardizzazione di processi e di prodotti (la Model T era l'unico modello prodotto e solo di colore nero)
- Tecnologia “firm specific” (ovvero, le macchine utilizzate in fabbrica sono altamente specializzate per i compiti che devono svolgere. Si tratta di una differenza sostanziale rispetto al periodo precedente dove le macchine erano più generiche)
- Elevati investimenti
- Domanda altamente prevedibile e controllabile da parte dell'offerta (risulterà essere anche una delle cause del crollo del Fordismo)

¹⁰ Panizzolo Roberto, 2020, *Dispense del corso di Gestione Snella dei Processi*, Università degli Studi di Padova

- Controllo cronometrico dei tempi di svolgimento delle attività
- Aumento della produttività del lavoro
- Massimizzazione dei ritmi di lavoro
- Eliminazione dei tempi morti
- Creazione di pochi modelli (all'estremo, anche uno solo)
- Elevate scorte di sicurezza e buffer per ovviare a possibili ritardi (differenza sostanziale con il Toyota Production System che vedremo in seguito)

Il modello Fordista si diffuse nelle economie avanzate dell'epoca ed ebbe un grande successo per molti anni. Tuttavia, con il passare degli anni entrò in crisi a causa di alcune forze esterne che ora vengono presentate:

- *Abraham Maslow*

Abraham Maslow (1908-1970) era uno psicologo statunitense che suddivise i bisogni umani in una scala piramidale rappresentata in Figura 2.5. In questa piramide, alla base trovano posto i bisogni fisiologici che sono collegati alla sopravvivenza dell'individuo (mangiare, dormire, bere, respirare ad esempio). Salendo verso l'alto, ci sono i bisogni di sicurezza come sicurezza fisica, di occupazione, morale, di proprietà, di salute che devono garantire all'individuo una sensazione di tranquillità e protezione.

Poi, troviamo i bisogni di affetto come il desiderio di far parte di un gruppo, di essere un elemento della comunità.

Un ordine superiore è rappresentato dai bisogni di stima che comprendono il voler essere rispettato, riconosciuto perché l'individuo vuole sentirsi competente e produttivo.

In cima alla piramide troviamo i bisogni di autorealizzazione che comprendono, per esempio, il voler realizzare la propria identità in base alle aspettative e potenzialità, occupare un ruolo sociale preciso. In generale, questi bisogni racchiudono l'aspirazione individuale ad essere ciò che si vuole essere sfruttando le facoltà mentali e fisiche ¹¹.

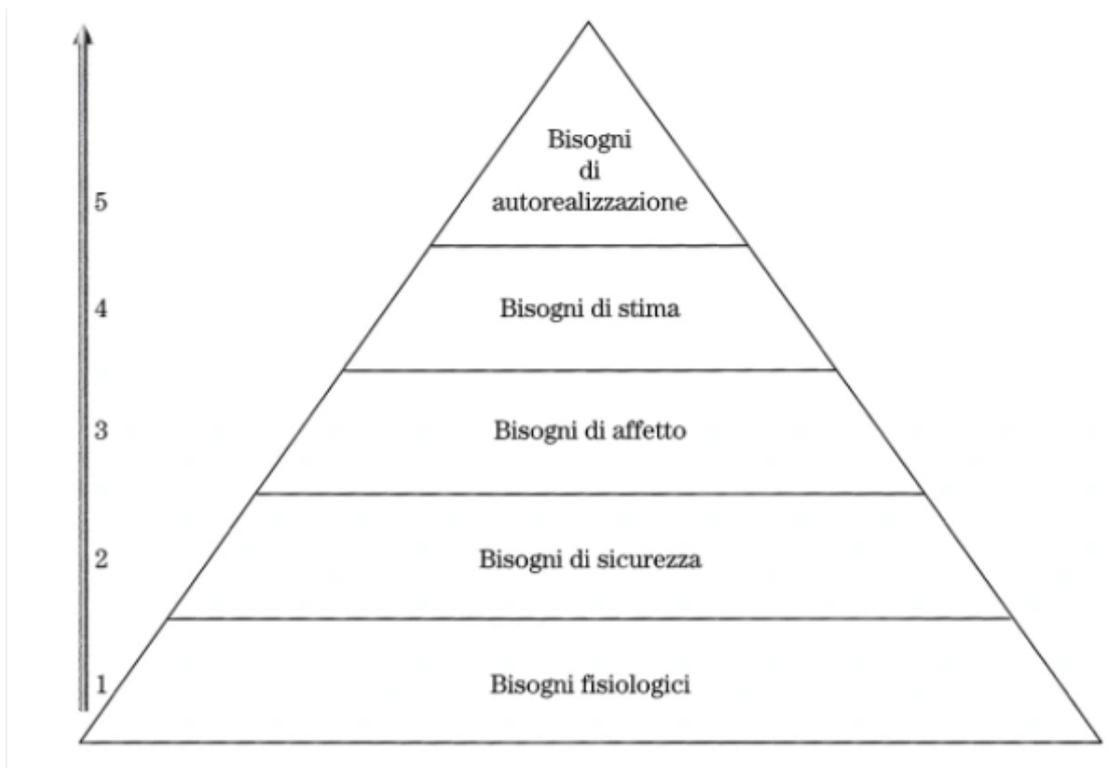


Figura 2.5 Piramide dei bisogni di Maslow (Fonte: medicinaonline.co)

¹¹ <https://www.psicologiadellavoro.org/la-piramide-dei-bisogni-di-maslow> , consultato l'ultima volta il giorno 16 gennaio 2023.

Sulla base delle sue teorie, Maslow studia i comportamenti di acquisto dei consumatori e si rende conto che il cliente cerca di soddisfare precisi bisogni. La Ford Model T aveva soddisfatto i bisogni di livello basilare dei consumatori americani che, ora, cercano soddisfacimento per i bisogni di ordine più alto. Inoltre, lo psicologo affermò che il mercato non poteva essere visto come una entità unica. Bensì, i clienti devono essere suddivisi in vari segmenti ai quali vanno proposti diversi prodotti e diversi modelli. Ford, tuttavia, non prestò sufficiente attenzione a queste indicazioni.

- *Alfred Sloan*

Alfred Sloan (1875 - 1966) (Figura 2.6) era un manager ed imprenditore che, a differenza di Ford, capì la necessità di proporre modelli diversi a clienti diversi. Convinto sostenitore delle teorie di Maslow, entrò in General Motors (competitor di Ford) ed arrivò ad occupare il ruolo di Presidente del consiglio di amministrazione dell'azienda. In pochi anni, GM superò Ford in termini di modelli offerti ai clienti ed in termini di auto prodotte. I marchi in possesso dell'azienda erano diversi, come per esempio Chevrolet, Cadillac, Buick, Pontiac, Oldsmobile (Figura 2.7).

In generale, quindi, l'apparato organizzativo era di stampo Fordista, mentre la risposta al mercato no. Questa maggiore varietà nell'offerta premiò General Motors che, fino alla crisi economica del 2008, mantenne il primato come maggior produttore di automobili al mondo.



Figura 2.6 Alfred Sloan (Fonte: wikipedia)

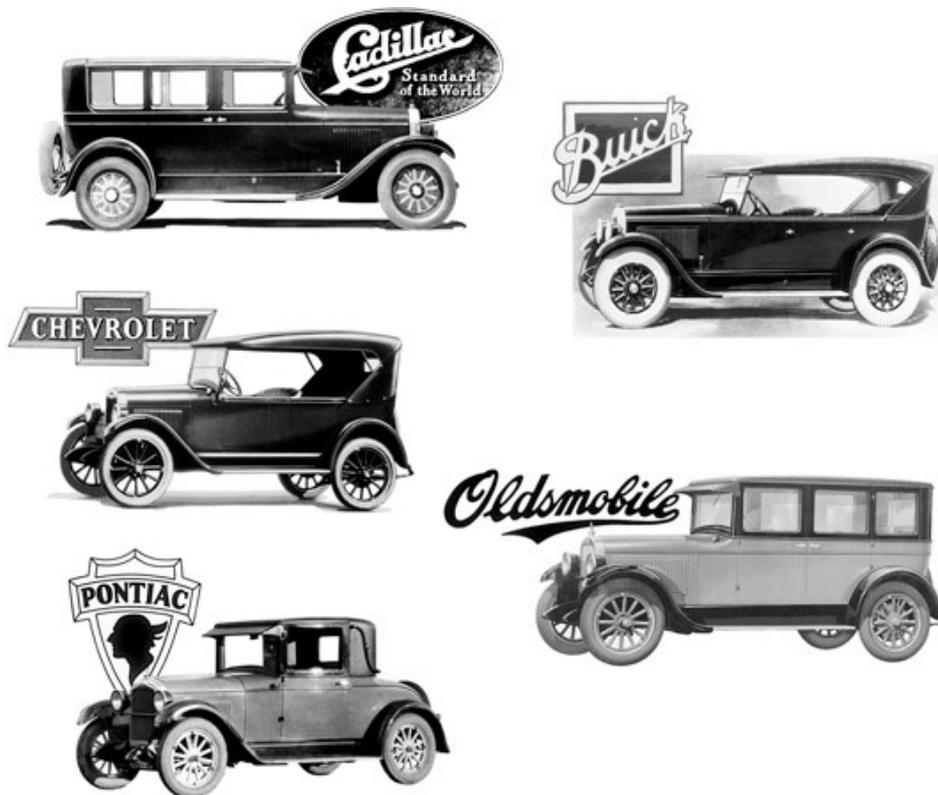


Figura 2.7 Marchi posseduti da General Motors nei primi decenni del Novecento (Fonte: slide del corso Gestione Snella dei Processi, Prof. Panizzolo Roberto)

- *Aziende giapponesi nei mercati occidentali*

A partire dalla metà degli anni '70, sui mercati occidentali cominciarono a comparire i prodotti di diverse aziende giapponesi caratterizzati, rispetto ai prodotti dei competitors occidentali, da costi più bassi, qualità e varietà più elevate che rispondevano perfettamente alle richieste ed alle esigenze mutevoli del mercato. Il risultato fu l'acquisizione, da parte di questi nuovi concorrenti, di grandi quote di mercato e, in alcuni casi, anche di interi settori industriali.

Alcuni esempi di aziende sono Sony, Panasonic, Casio, Nissan, Suzuki, Yamaha, Honda con Toyota che ottenne i risultati più importanti.

Toyota è un'azienda fondata nel 1890 da Sakichi Toyoda, in principio come attività che costruiva telai per la tessitura. Nel 1924 viene sviluppata una importantissima innovazione tecnologica: il Type G. Si trattava del primo telaio completamente automatico con il cambio della spoletta che poteva essere effettuato senza fermare la macchina, ed in grado di riconoscere quando un filo si spezzava. Garantiva trame di qualità e senza la necessità di impiegare un numero elevato di operatori.

Nel 1933, Kiichiro Toyoda (figlio di Sakichi) avvia lo sviluppo del primo motore per autovettura, dopo aver studiato negli Stati Uniti ed aver osservato la Ford, già attiva durante quegli anni. Nel 1937, Kiichiro costituisce la Toyota Motor Corporation e la guida fino al secondo Dopo Guerra, quando decide di dimettersi lasciando il posto al cugino Eiji Toyoda (Figura 2.8), uno dei manager automobilistici più importanti della storia. Sotto la sua

guida, Toyota diventerà una potenza mondiale grazie ai metodi rivoluzionari adottati per produrre le vetture che egli stesso ideava. Un esempio è la Toyota Corolla, il modello più venduto al mondo.

Creò anche il brand di lusso Lexus.



Figura 2.8 Eiji Toyoda (Fonte: themanufacturer.com)

Un'altra importante decisione presa dal manager fu quella di farsi affiancare dal giovane ingegnere Taiichi Ohno (Figura 2.9), con cui visitò lo stabilimento produttivo della Ford per studiare la fattibilità di replicare quel modello produttivo anche in Toyota. Tuttavia, le condizioni del Giappone erano molto differenti da quelle presenti negli Stati Uniti dopo la Seconda Guerra Mondiale: impossibilità di effettuare grossi investimenti, diverse

richieste da parte del mercato, condizioni sociali estremamente differenti.



Figura 2.9 Taiichi Ohno (Fonte: wikipedia)

A partire da queste considerazioni, Taiichi Ohno studierà un sistema produttivo alternativo alla produzione di massa e, negli anni '50 e '60, nascerà il *Toyota Production System (TPS)* con l'obiettivo di eliminare in maniera totale gli sprechi.

Questo modello produttivo prende i benefici della produzione di massa e li adatta alle necessità del Giappone, seguendo tre punti cardine:

- 1) *Flusso continuo* per ridurre le attese ed i tempi di attraversamento, derivato dal modello Fordista.
- 2) Implementazione di un sistema di produzione di tipo “*Pull*”, ovvero dove la produzione è tirata dalla domanda

effettiva, in modo tale da poter eliminare la sovrapproduzione.

Questa logica vedrà lo strumento del Kanban come suo sviluppo interno all'azienda, consentendo alle fasi a valle di trainare la produzione delle fasi a monte. Nasce il concetto di "cliente interno".

- 3) *Miglioramento continuo*, a piccoli passi con il coinvolgimento di tutti, tramite il quale si cerca di raggiungere le performance obiettivo con progressi incrementali. Venne poi tradotto con la parola Kaizen.

Nella fase iniziale, i successi ottenuti dalla Toyota grazie all'implementazione del TPS furono minimizzati e considerati come una conseguenza di vari fattori specifici tipici dell'economia, della società e della cultura giapponesi. Un esempio emblematico è il racconto di Peter Senge nel suo libro *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, in cui spiega come un manager di Detroit, dopo aver visitato le fabbriche in Giappone, fosse convinto di aver visto una messinscena perché non era possibile che non ci fossero scorte all'interno di una fabbrica. Questa testimonianza illustra chiaramente quanto innovativo risultasse il TPS per i manager occidentali dell'epoca.

Solamente a partire dagli anni Ottanta iniziarono ad essere pubblicati alcuni studi in merito al modello produttivo Toyota, anche se furono necessari altri anni prima di giungere alla pubblicazione di libri su quella che venne definita "Lean Production", oggi diffusa in tutto il mondo.

2.2 I cinque principi del Lean Thinking

I cinque principi del Lean Thinking, concettualizzazione del TPS, sono stati definiti nel libro *Lean Thinking* scritto da Daniel Jones e James Womack nel 1996.

Questi principi sono tipicamente raffigurati in sequenza circolare (come mostra la Figura 2.10) per raffigurare la successione di passi che vanno svolti per riuscire ad offrire al cliente ciò che ha valore per lui, eliminando tutti i possibili sprechi del processo. Dato che la ricerca della perfezione è lo step finale ma, per definizione, non è una situazione raggiungibile, la forma circolare indica proprio la necessità di continuare costantemente ad effettuare questi passi per migliorare sempre più le performance del processo.

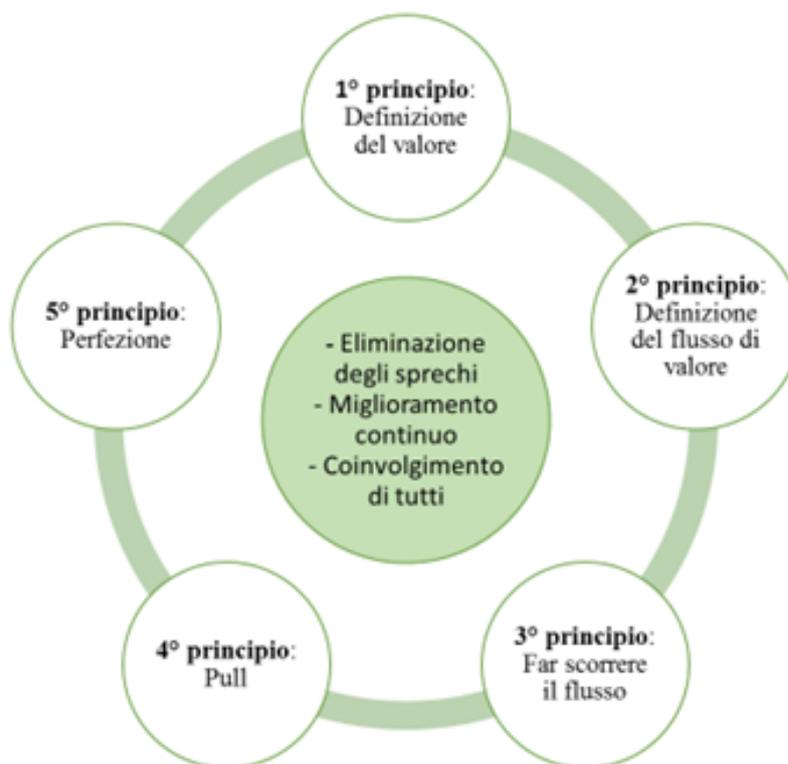


Figura 2.10 i cinque principi del Lean Thinking (Fonte: ctq.it)

1. Definizione del valore

Questo è il primo passo da compiere. Si deve cercare di comprendere a fondo i bisogni del cliente perché fornire un prodotto/servizio che li soddisfi genera valore agli occhi del cliente.

Il valore è ciò per cui il cliente è disposto a pagare.

Alla luce di ciò, il confronto con i propri clienti e il costante ottenimento di feedback riguardo i propri prodotti/servizi è essenziale per non incorrere nell'errore di perseguire idee sbagliate su ciò che possa aggiungere o meno valore in ciò che facciamo. Commettere un errore simile significherebbe produrre un prodotto senza valore aggiunto finale.

Alcuni strumenti utili per questi scopi sono il QFD (Quality Function Deployment) e il Modello di Kano.

2. Definizione del flusso di valore

Il secondo passo è la definizione del flusso di valore. Ciò consiste nell'individuare quali risorse (personale, materiali, strumenti) sono necessarie per creare valore per il cliente.

Ci sono tre tipi di flusso che vanno analizzati:¹²

- Flusso informativo: è l'insieme di standard informativi finalizzato a permettere lo scorrimento del flusso operativo.

- Flusso operativo: insieme di operazioni eseguite in sequenza che trasformano le risorse in input in un output.

¹² "Introduzione al lean system e ad alcune sue tecniche", Incontro con Auxili presso l'Università di Padova, anno accademico 2021/2022

- Workflow: l'insieme del lavoro delle risorse trasformanti che fa scorrere il flusso operativo e quello informativo (4M: materiali, men (persone), metodi e macchine).

Il valore si genera nel flusso operativo e, quindi, è il primo flusso che va analizzato con l'obiettivo di eliminare tutti gli sprechi e gli ostacoli allo scorrimento del flusso.

Inoltre, le attività possono essere suddivise in tre tipologie:

- Attività a valore: sono le attività a valore aggiunto che, quindi, generano valore per il cliente. In percentuale, la loro incidenza è solitamente minore rispetto agli altri tipi di attività e, quindi, bisogna intervenire per fare in modo che la loro incidenza aumenti.

- Attività a non valore ma necessarie: sono attività che non aggiungono valore al prodotto/servizio ma che, al momento, non possono essere eliminate.

In futuro, attraverso il miglioramento continuo, si può riuscire ad eliminarle.

- Attività a non valore e non necessarie: queste attività non aggiungono valore e possono essere eliminate immediatamente. Sono lo spreco che stiamo ricercando e sul quale riusciamo ad intervenire in maniera rapida senza modificare l'attuale situazione del flusso.

Uno strumento utile per questo scopo è la Value Stream Map (VSM).

3. Far scorrere il flusso

Il terzo passo consiste nel tentare di far scorrere il più possibile il flusso delle risorse in azienda, cercando di arrivare ad avere un flusso continuo che non si interrompa mai e superando la classica divisione in reparti all'interno della fabbrica, sia per volumi elevati sia per piccoli lotti di produzione.

Alcuni strumenti e tecniche molto importanti per questo scopo sono lo SMED (Single Minute Exchange of Dies) che serve per ridurre il tempo necessario per eseguire un attrezzaggio, la Group Technology e lo Spaghetti Chart.

4. Pull

Il quarto passo consiste nell'implementare, per quanto possibile, un sistema "pull" di gestione della produzione. Vale a dire che si cerca di allineare la produzione alla domanda richiesta dai clienti, senza produrre in quantità non richieste, in modo tale da essere quanto più possibile sincronizzati.

Disaccoppiare significa creare scorte con tutti i problemi e costi che ne derivano.

Grazie alle attività svolte nei punti precedenti, ora ci si dovrebbe trovare nella situazione in cui la risposta alle richieste del cliente è più rapida, richiede meno tempo.

Alcuni strumenti per raggiungere questo obiettivo sono il Mixed Model Production, le 5S, il Kanban, l'analisi del Takt Time.

5. Perfezione

Il quinto ed ultimo step è la ricerca della perfezione. Per definizione, il raggiungimento della perfezione non è possibile. Tuttavia, ricercare la perfezione significa ripercorrere ciclicamente tutti i passi precedenti per migliorare continuamente i processi aziendali.

Applicando i principi Lean, il flusso scorrerà sempre più velocemente portando a galla nuovi problemi e sprechi che andranno analizzati ed eliminati. Di conseguenza, il valore aumenterà agli occhi del cliente.

Nella filosofia Lean, la parola che esprime al meglio questo concetto è “Kaizen”, ovvero miglioramento continuo (Figura 2.11). Il Kaizen, a differenza del miglioramento radicale che prevede progetti importanti a livello sia finanziario sia di risultati attesi (spesso si parla di innovazioni importanti), consiste nell’applicazione continua di piccole azioni di analisi e miglioramento che portano all’ottenimento ciclico di nuovi standard, ognuno migliore rispetto al precedente.

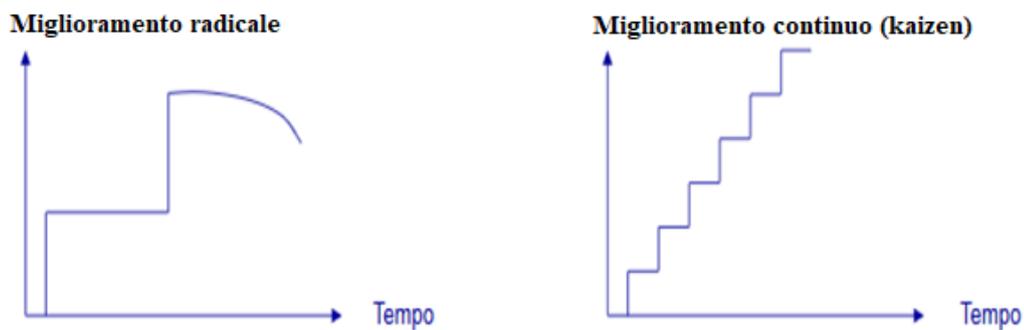


Figura 2.11 Miglioramento radicale e Kaizen (immagine creata dall'autore)

Il miglioramento continuo è una delle tre componenti che si trovano al centro della Figura 2.10, le quali sono essenziali nel comprendere al meglio in che modo perseguire i cinque principi del Lean Thinking.

Per quanto riguarda il Kaizen, la metodologia che si ritrova in letteratura è il ciclo PDCA (o varianti, come SPDCA o DMAIC). Questo ciclo indica una serie di fasi da svolgere in successione con l'obiettivo di ottimizzare un processo, risolvere dei problemi, ottenere un nuovo standard e, successivamente, procedere nel miglioramento dello standard appena creato.

Le quattro fasi sono: Plan, Do, Check, Act.

La fase Scan del ciclo SPDCA è una fase di analisi preliminare aggiuntiva, posta a monte.

- **PLAN:** questa è la fase di analisi iniziale della situazione attuale in cui ci si trova o del problema da risolvere. In questo momento, è prioritario adottare gli strumenti più idonei per mappare lo stato attuale ed averne un'idea chiara. Vanno raccolti quanti più dati ed informazioni possibili per essere in grado di eseguire delle analisi valide e giustificate. Una volta che è stata chiarita la situazione AS IS, si procede con lo studio e la progettazione dello stato futuro TO BE, il quale deve prevedere che i problemi, gli sprechi e gli ostacoli siano stati eliminati. Dopo aver delineato il TO BE, si procede con la pianificazione di una serie di attività necessarie per passare dallo stato attuale allo stato futuro. Vanno analizzate le risorse disponibili in termini di persone, tempo, materiale ed

organizzati tutti gli interventi utili al fine di raggiungere l'obiettivo.

- DO: dopo aver studiato nel dettaglio la situazione e pianificato tutti gli interventi necessari, si procede con la fase operativa del DO. In questo momento, tutte le risorse indicate si adoperano per compiere le attività che sono state assegnate, nei tempi indicati. Una corretta pianificazione ed un controllo costante sono basilari per un esito positivo di queste operazioni di miglioramento. Nel caso in cui venissero a galla ulteriori problematiche, si interviene con un sotto-ciclo PDCA per analizzare e risolvere l'ulteriore situazione.

- CHECK: a questo punto, le attività operative sono state eseguite e lo stato futuro progettato è stato implementato. In questa fase, vanno monitorate le nuove performance per verificare che il miglioramento ci sia effettivamente. Se si dovessero presentare delle criticità, si procede con un nuovo ciclo di analisi per intervenire con nuove azioni di miglioramento.

- ACT: questa è l'ultima fase del ciclo PDCA. Giunti a questo punto, tutte le situazioni problematiche sono state analizzate e sono state intraprese e completate le dovute azioni correttive. Sono state eseguite le analisi della nuova situazione e gli indici di performance hanno dato riscontro positivo. A questo punto, si definiscono dei nuovi standard

operativi che costituiranno il riferimento per le modalità con cui eseguire determinate operazioni. Tali standard rappresenteranno la nuova base dalla quale partire per ottimizzare ulteriormente il processo in esame con un nuovo ciclo PDCA, come evidenziato in Figura 2.12.

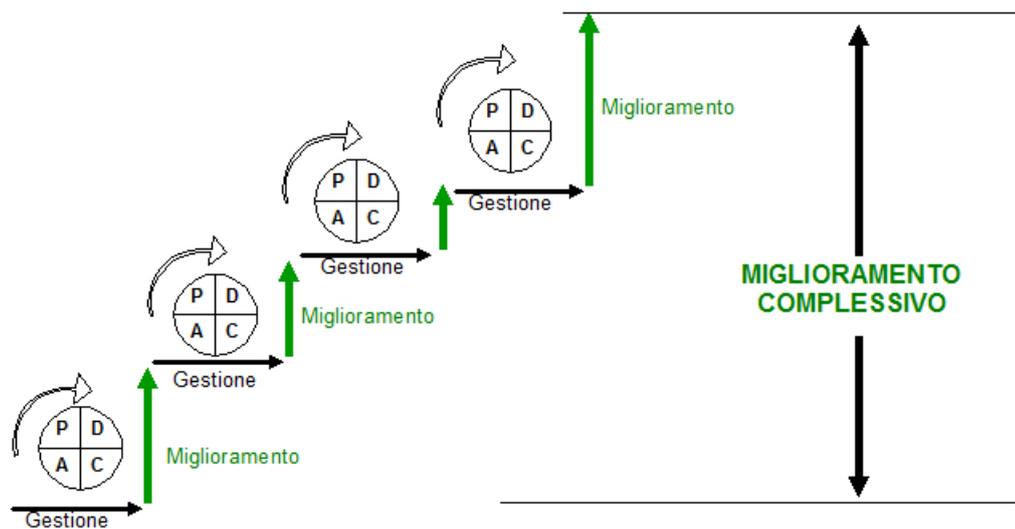


Figura 2.12 Cicli PDCA a catena (Fonte: pdecamillis.com)

Un aspetto molto importante che va tenuto in forte considerazione durante le azioni di miglioramento continuo è il contributo che ogni persona all'interno dell'azienda può dare al progetto in corso.

Infatti, il *coinvolgimento di tutte le risorse impiegate* nel processo specifico che si sta analizzando può risultare determinante per il buon esito del progetto stesso, ed è la seconda componente al centro della Figura 2.10.

I due punti di vista che si consiglia di utilizzare sono il Top-down e il Bottom-up.

Il *Top-down* rappresenta la visione dall'alto, tipicamente proveniente dal top management e/o dalla proprietà che affidano un obiettivo preciso da raggiungere al termine del progetto di miglioramento. La loro visione è generalmente di carattere ampio e riescono a visualizzare i processi nel loro insieme, riuscendo quindi ad indicare una strada comune da percorrere che non isoli i vari reparti aziendali.

Il *Bottom-up*, invece, rappresenta la visione dal basso, tipicamente proveniente dagli operatori e dal responsabile del reparto preso in esame. Il loro contributo risulta essere determinante perché sono le persone che conoscono nel dettaglio tutte le caratteristiche delle macchine, delle procedure e le problematiche che vanno affrontate durante le attività quotidiane.

Solitamente, la classica situazione nella quale ci si trova ad operare è quella illustrata in Figura 2.13:

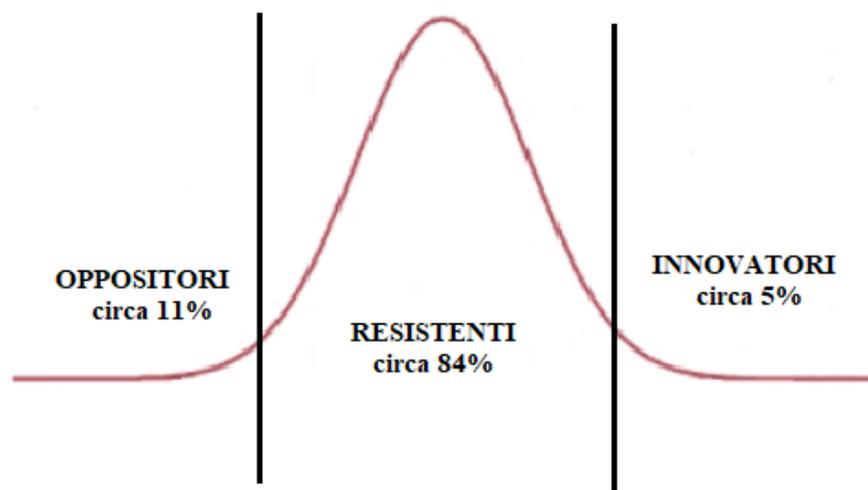


Figura 2.13 Comportamento del personale (immagine creata dall'autore)

Una minima parte degli operatori risulterà propensa ad intraprendere azioni di miglioramento, mentre la larga maggioranza risulterà contraria o diffidente nei confronti di questi progetti.

Risulta chiaro, quindi, il peso e l'importanza che la formazione, il coaching, il supporto costante abbiano durante queste fasi. Sarà molto importante spiegare a tutti l'obiettivo del progetto, le modalità con le quali verrà eseguito, l'importanza che esso riveste e la convinzione del top management a supporto di tali iniziative.

Responsabilizzare le persone, favorendo la loro proattività e la possibilità di proporre nuove idee, può risultare una mossa vincente per riuscire a risolvere problemi molto specifici.

2.3 Le sette tipologie di spreco secondo Taiichi Ohno

In questa sezione viene esposta la terza ed ultima componente interna della Figura 2.10, ovvero l'eliminazione degli sprechi.

In un processo, le tipologie di spreco sono molteplici e l'obiettivo del progetto di miglioramento deve essere quello di ridurle il più possibile ed eliminare immediatamente gli sprechi che sono eliminabili.

Si può parlare di spreco in termini di materiale, movimentazioni, tempi, attività, aree e altro ancora. Per questo le analisi preliminari risultano essere di fondamentale importanza per scovare tutte queste tipologie e studiare adeguate azioni correttive. Senza uno schema di riferimento preciso, c'è il rischio di seguire un approccio casuale basato su tentativi reiterati nella speranza di giungere ad una situazione migliorata rispetto a quella attuale.

Sono presentate di seguito, dopo la Figura 2.14¹³, le sette tipologie di spreco (in Giapponese MUDA) presenti in azienda secondo Taiichi Ohno, sulle quali è possibile intervenire.

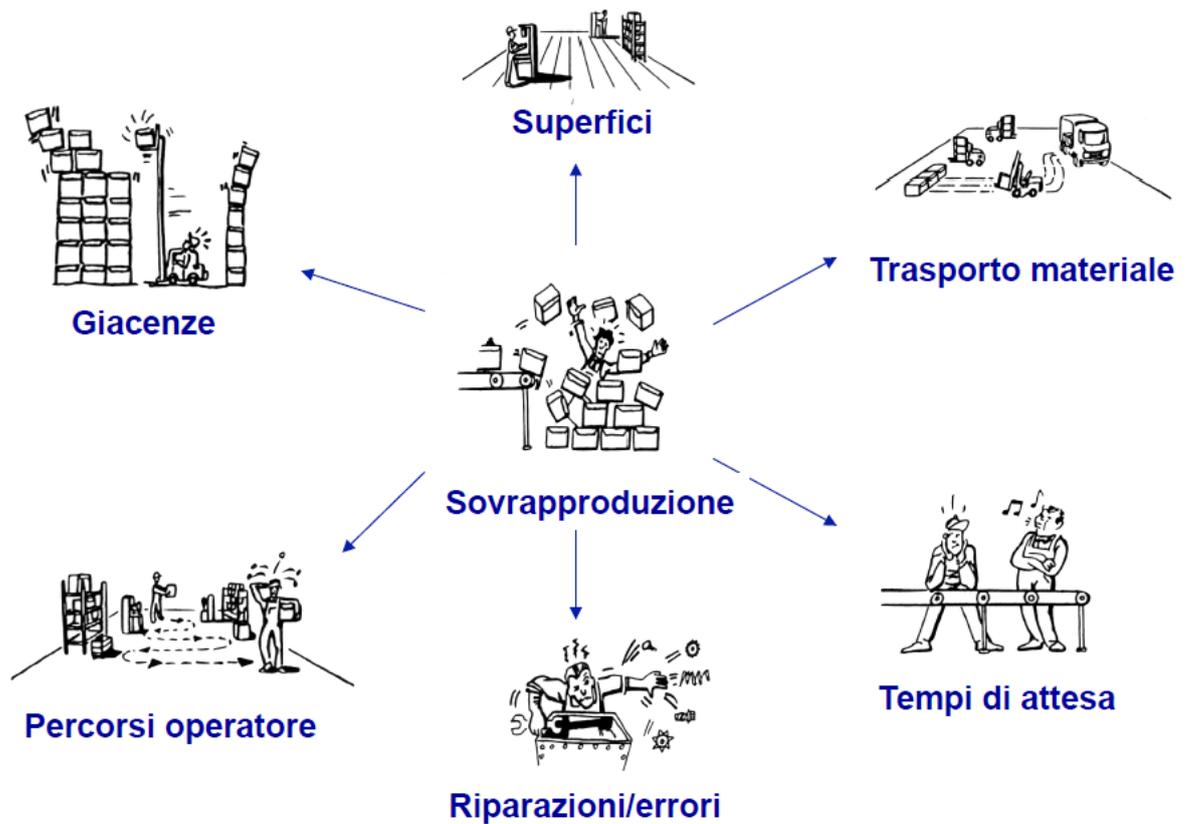


Figura 2.14 i sette Muda di Taiichi Ohno (Fonte: slide del corso Gestione Snella dei Processi, Prof. Panizzolo Roberto)

¹³ Panizzolo Roberto, 2020, *Dispense del corso di Gestione Snella dei Processi*, Università degli Studi di Padova

1. Superfici

Si tratta dello spreco relativo all'utilizzo errato dello spazio a disposizione. Può capitare di trovarsi di fronte ad un processo che è stato sovradimensionato per errori di natura valutativa in fase di progettazione e dunque, ora, le aree dedicate sono eccessive rispetto a quelle effettivamente necessarie. L'ottimizzazione di queste zone può portare ad un notevole risparmio in termini di lunghezze percorse, tempo di percorrenza, costi, lead time di attraversamento e non solo.

2. Trasporto di materiale

Questa è un'attività non a valore, quindi eliminarla (o ridurla il più possibile) è un obiettivo primario. I trasporti di materiale da una zona all'altra, da un reparto all'altro hanno sicuramente costi in termini di persone e mezzi impiegati e di tempo necessario, ma presentano anche problemi relativi agli scarti che si possono generare a seguito di piccoli incidenti durante le movimentazioni stesse.

Vanno analizzati i motivi per i quali il trasporto risulta indispensabile e, laddove fosse possibile, intervenire per ridurre od eliminare questa attività. Per ottimizzare il tutto, ad esempio si studiano il layout dell'area (richiamando lo spreco precedente), le frequenze, le distanze e i tempi di movimento, le attrezzature disponibili in azienda, eventuali procedure e altro ancora.

Ovviamente, i trasporti non sono del tutto eliminabili perché possiamo incorrere in vincoli fisici od impedimenti di natura economica quando l'investimento risulterebbe troppo oneroso.

3. Percorsi dell'operatore

Per questo tipo di spreco valgono le considerazioni fatte per lo spreco precedente, con l'aggiunta di alcune peculiarità.

In particolare, ora si sta parlando di movimenti eseguiti dagli operatori all'interno della singola operazione, quindi non spostamenti generici fra le varie aree aziendali per motivi diversi dalla produzione. Per ottimizzare (ridurre) questo spreco, si può intervenire sul layout delle postazioni, delle aree di lavoro, eseguire le 5S per creare banchi di lavoro completi di tutti gli utensili necessari all'operatore.

4. Giacenze

I pezzi ed i materiali presenti tra una fase di lavorazione e quella successiva rappresentano uno spreco perché creano l'insorgere di diverse tipologie di costo associate: costo opportunità, costo assicurativo per i magazzini, costi vari di gestione e capitale immobilizzato (dato che non fluisce in maniera rapida verso il cliente).

Inoltre, il materiale fermo rischia di andare incontro ai problemi di deperibilità ed obsolescenza, rendendolo di fatto inutilizzabile o con un valore decisamente inferiore rispetto al materiale nuovo.

Il materiale fermo tra le fasi (WIP – Work in Process) viene definito anche Working Capital¹⁴ ed il suo valore è direttamente proporzionale al numero di pezzi e allo stato di avanzamento nel flusso produttivo.

¹⁴ <https://www.sixsigmaperformance.it/muda.html> , consultato l'ultima volta il giorno gennaio, 18 2023

Per ottimizzare questo spreco, potrebbe essere necessario anche il confronto con eventuali fornitori esterni per concordare diversi quantitativi di materiale in ingresso. Tuttavia, migliorare la gestione delle scorte può portare indubbi vantaggi all'azienda, sia economici sia organizzativi sia produttivi.

Va anche tenuto in considerazione il fatto che, solitamente, le scorte sono utilizzate per risolvere molti problemi di gestione interna dell'azienda, come è illustrato in Figura 2.15.



Figura 2.15 Problemi nascosti dalle scorte (Fonte: staufenitalia.it)

Migliorando la gestione delle scorte, risulteranno sicuramente più evidenti altre problematiche che limitano lo scorrere del flusso in azienda e che allungano il lead time produttivo. Questi problemi andranno successivamente affrontati e risolti, consentendo di proseguire nella strada del miglioramento continuo e di avvicinarsi alla perfezione, quinto principio del Lean Thinking.

5. Riparazioni, errori, difetti

Un pezzo risultante non conforme agli standard qualitativi interni o del cliente costituisce uno spreco per molteplici motivi. Infatti, sarebbe necessario ripetere una o più fasi di lavorazione su un pezzo che ha già attraversato il ciclo produttivo, impiegando delle risorse (persone e/o macchine) che hanno un costo orario che poi non verrà ripagato dal cliente, dato che si tratta di una rilavorazione per difettosità. Nel caso in cui questo difetto venga segnalato dal cliente, l'immagine dell'azienda ne risentirebbe in maniera negativa.

Per tentare di risolvere o ridurre le rilavorazioni, è necessario effettuare un'analisi generale del pezzo coinvolgendo anche il cliente. Si può analizzare la forma del pezzo con l'ufficio tecnico e/o di sviluppo prodotto per valutare se la geometria crei problemi in fase di realizzazione, si possono eseguire analisi di tipo chimico-fisico coinvolgendo, se necessario, anche soggetti esterni come Università e professionisti esterni.

Dunque, tenere traccia dell'andamento delle difettosità è estremamente utile per l'azienda per individuare i fattori sui quali intervenire.

6. Tempi di attesa

Questo spreco è rappresentato dalla differenza fra lead time (tempo di attraversamento totale) del flusso produttivo ed il suo tempo di fabbricazione (sommatoria dei tempi ciclo necessari per il processo tecnologico)¹⁵.

¹⁵ <https://www.sixsigmaperformance.it/muda.html#6%20Difetti> , consultato il giorno gennaio 18, 2023

I motivi che portano al verificarsi di ritardi possono essere molteplici: ritardo dei fornitori di materie prime e/o semilavorati, tempi di setup elevati, fasi non ben sincronizzate fra loro, errori di comunicazione sono alcuni esempi.

Intervenire su questo spreco può essere complesso perché potrebbe risultare necessario modificare i controlli effettuati sui processi, rivedere la progettazione del prodotto o delle linee produttive, bilanciare meglio le attività fra gli operatori, coordinare in maniera migliore i fornitori, eseguire lo SMED per diminuire il tempo che serve per l'attrezzaggio. Tuttavia, i benefici di un'ottimizzazione di questi tempi persi porta a notevoli vantaggi in termini di costi, risorse utilizzate in maniera più efficiente e produttività aumentata.

7. Sovrapproduzione

La sovrapproduzione è lo spreco di maggior peso perché incrementa tutte le altre tipologie di spreco, ed è anche molto complesso da ottimizzare perché sono presente una molteplicità di cause di notevole rilievo.

Questo genere di spreco si verifica quando la produzione è di tipo push, non allineata con la domanda e tutto ciò che si produce viene messo a magazzino. In queste condizioni, le superfici occupate aumenteranno, le movimentazioni e gli spostamenti saranno maggiori, le giacenze ed i tempi di attesa cresceranno.

Per ottimizzare questa condizione, bisogna perseguire due principi del Lean Thinking: far scorrere il flusso ed implementare un sistema pull di produzione per essere collegati alla domanda, usando per esempio lo strumento del Kanban.

Di conseguenza, è necessario intervenire sulla pianificazione della produzione, tenendo conto della flessibilità dei processi che si ha a disposizione. Questa può essere aumentata sfruttando lo SMED per diminuire i tempi di attrezzaggio oppure, se ci si trova ancora in una fase preliminare, si deve acquistare un macchinario che garantisca la possibilità di produrre codici diversi con il minimo impatto in termini di tempo. Inoltre, bisogna tenere sotto controllo costantemente lo stato di manutenzione delle macchine per non incorrere in guasti che ne impediscano l'utilizzo.

I processi devono essere sempre sotto controllo e quanto più possibile stabili e l'organizzazione generale deve essere efficiente (gestione delle risorse umane, dei processi, dei materiali e tutto ciò che richiede una gestione precisa).

Risulta evidente, dunque, quanto questo sia lo spreco più complesso sul quale intervenire.

2.4 Tecniche e strumenti della gestione snella

Nella parte finale di questo capitolo dedicato alla Lean Production, viene proposta una presentazione teorica di alcune tecniche e strumenti tipici della gestione snella, utilizzati anche nel corso di questo lavoro di tesi. In particolare, saranno illustrati lo SMED, le 5S e la MUDA ANALYSIS.

A partire dal capitolo successivo, verranno presentati anche l'applicazione reale ed i risultati ottenuti.

2.4.1 Lo SMED

Lo SMED (Single Minute Exchange of Die) è una metodologia sviluppata da Shigeo Shingo in Toyota, utilizzata per analizzare e diminuire il tempo dedicato all'attrezzaggio, ovvero al cambio di lavorazione, al fine di rendere la produzione quanto più flessibile possibile ed anche economicamente conveniente per lotti di piccole dimensioni.

Per definizione, l'attrezzaggio comprende il tempo tra l'ultimo pezzo del lotto di produzione precedente e il primo pezzo del lotto di produzione successivo (entrambi questi pezzi devono essere conformi agli standard qualitativi, quindi non devono essere scartati o rilavorati). Nelle aziende che lavorano a piccoli lotti per essere il più flessibili possibile, il tempo di set-up ha un impatto molto significativo e, dunque, questa tecnica risulterà molto utile per intervenire sull'ottimizzazione di queste fasi.

Letteralmente, lo SMED fa riferimento all'attrezzaggio effettuato in un minuto. Tuttavia, l'indicazione teorica è quella di eseguire un set-up in un tempo inferiore ai dieci minuti, espresso quindi da una sola cifra. Nella pratica comune, questo obiettivo non è realizzabile in tutte le fasi produttive. Inoltre, nella stessa fase è possibile trovare macchinari più o meno avanzati tecnologicamente e questo può incidere nel tempo totale di attrezzaggio.

Le attività svolte durante un set-up sono suddivise in due categorie:

- IED (Internal Exchange of Die): sono le operazioni cosiddette "interne". Esse richiedono necessariamente che la macchina sia ferma o spenta per essere eseguite;

- OED (Outside Exchange of Die): sono le operazioni “esterne”. Queste possono essere svolte anche con la macchina in funzione e, dunque, rappresentano la tipologia sulla quale ci si concentrerà in maniera importante per diminuire il tempo totale.

In Figura 2.16 sono riassunti i vantaggi principali dello SMED:

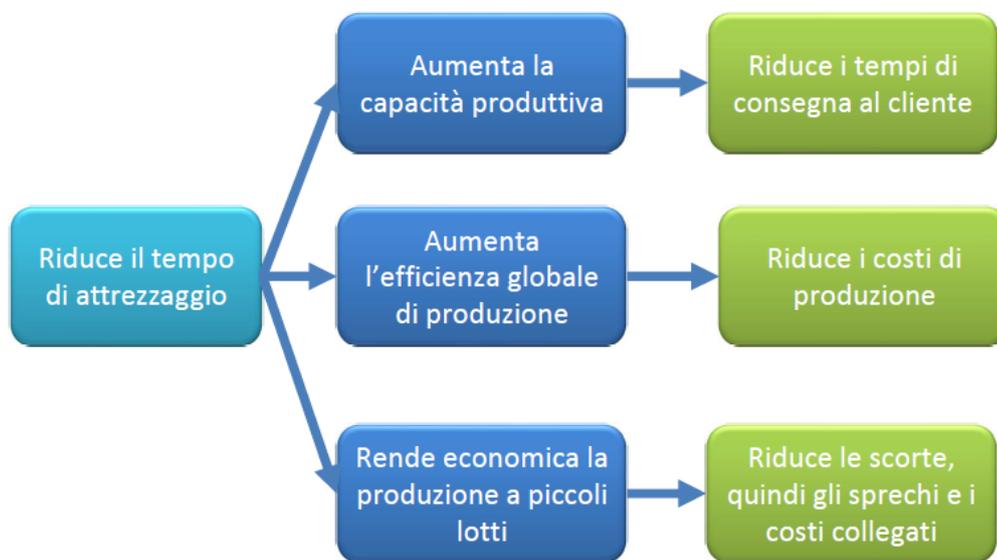


Figura 2.16 Vantaggi dello SMED (Fonte: slide per formazione Comel)

Come anticipato nelle righe precedenti, lo SMED consente di rendere economica la produzione a piccoli lotti. Questo permette all’azienda di avere una produzione più flessibile e più efficiente, con costi ridotti anche per lotti di quantità minore.

Diminuendo il tempo necessario per l’attrezzaggio, avremo una perdita di disponibilità della macchina ridotta (in Figura 2.17 è raffigurato il concetto della perdita di disponibilità durante il set-up). Ciò significa

che la capacità produttiva aumenterà senza la necessità di intervenire con investimenti, i quali possono risultare molto onerosi nel caso di macchinari complessi o impianti di nuova generazione.

Aumentando la capacità produttiva, il tempo di consegna al cliente si riduce, migliorando il livello percepito.

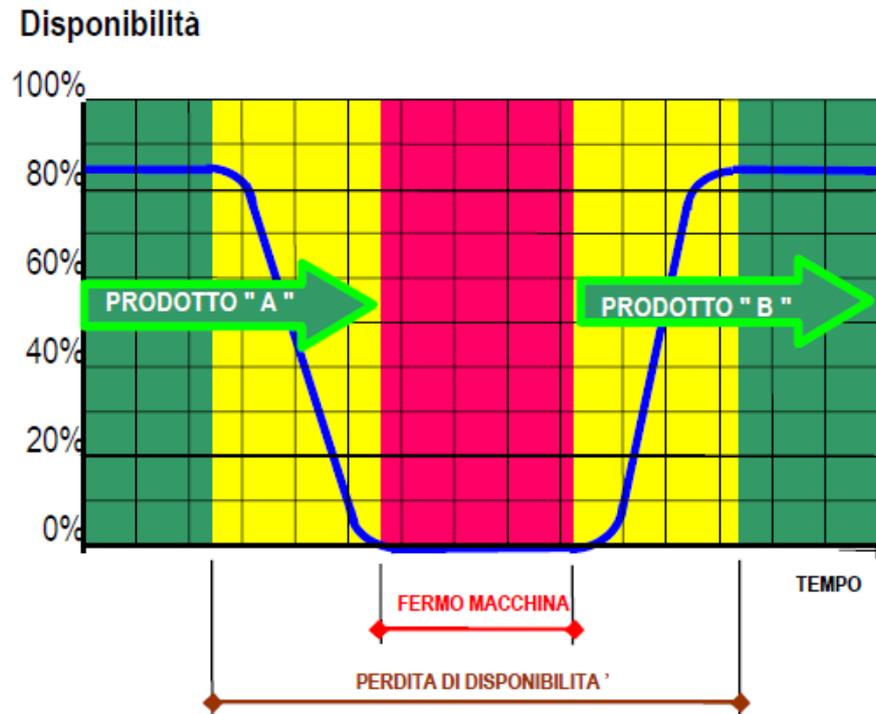


Figura 2.17 Perdita di disponibilità della macchina durante il set-up (Fonte: slide intervento Auxielli)

Inoltre, un altro aspetto da tenere in considerazione è la riduzione delle scorte. Infatti, produrre a piccoli lotti ed avere la possibilità di essere molto flessibili consente di diminuire le scorte presenti in magazzino, riducendo una delle sette tipologie di spreco presentate in precedenza nel capitolo.

Di seguito si analizzano le diverse fasi nelle quali è suddivisa la procedura dello SMED (Figura 2.18).

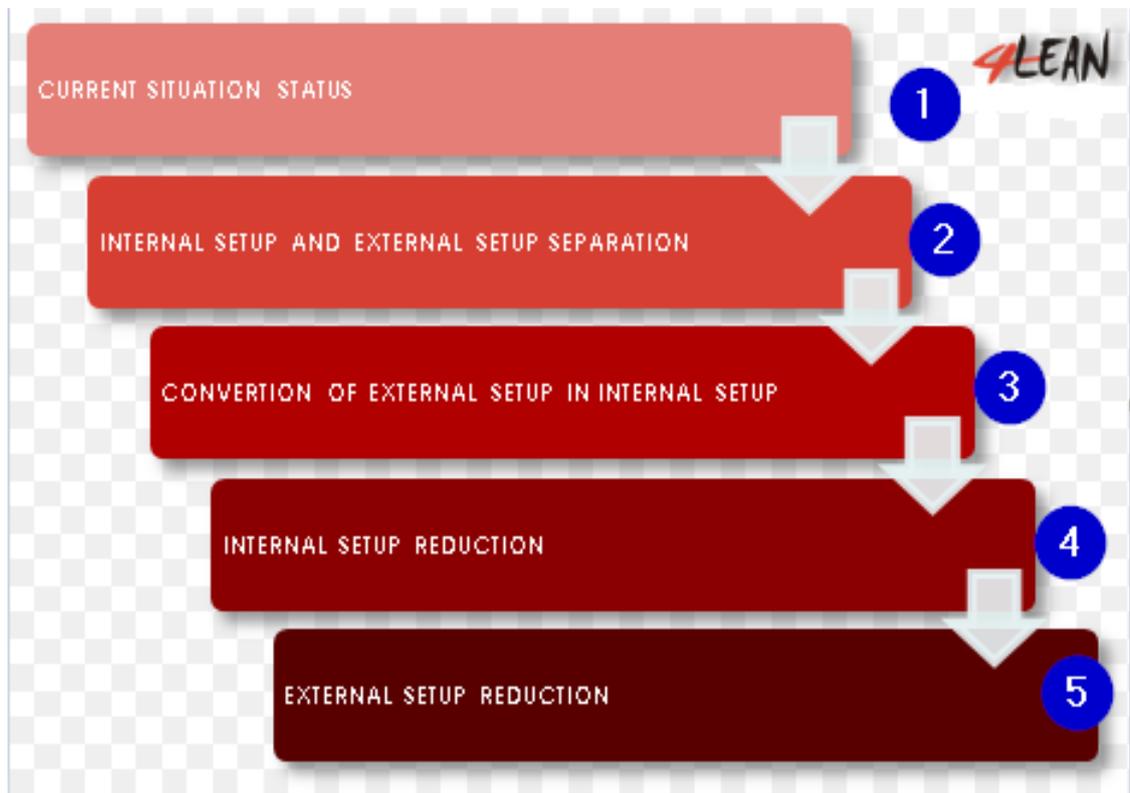


Figura 2.18 Fasi dello SMED (Fonte: www.4lean.net)

- ❖ Fase 1: è una fase in cui le operazioni interne ed esterne non sono divise e vengono svolte indistintamente a macchina ferma, come fossero tutte interne. In questo momento risulta fondamentale osservare la procedura di set-up attuale per capire quale sia la situazione AS IS. Effettuare videoregistrazioni è la soluzione migliore da adottare, dato che consente di tenere traccia dei tempi, delle movimentazioni, degli spostamenti e delle criticità che incontrano gli operatori durante il set-up.

Bisogna prestare attenzione ed osservare attentamente le operazioni, gli oggetti, le anomalie ed annotarle.

Successivamente, si procede con l'analisi dei video per classificare le OED e le IED, identificare gli sprechi e capire i tempi impiegati dagli operatori. Avere un confronto con loro è molto utile perché, essendo a contatto quotidianamente con le problematiche del processo, riescono ad offrire spunti interessanti per risolvere i problemi. In questa fase, anche la creazione dello Spaghetti Chart per visualizzare i movimenti compiuti è molto utile per renderci conto della quantità di spreco presente.

- ❖ Fase 2: questo è un momento cruciale nella metodologia SMED. Infatti, ora vengono separate le fasi interne da quelle esterne. Le attività ausiliarie come la preparazione di utensileria varia sono spesso svolte a macchina ferma. In realtà, si possono effettuare con la macchina ancora in lavorazione e ciò consentirebbe un notevole risparmio di tempo.

- ❖ Fase 3: dopo aver suddiviso le attività in IED ed OED in base alla situazione attuale nella fase precedente, ora ci si concentra sul convertire le attività interne in esterne. Risulta di fondamentale importanza verificare di aver compreso in maniera certa la funzione e l'obiettivo di ciascuna attività per non rischiare di assumere, erroneamente, alcune OED come IED. Ora è importante ragionare sulle problematiche rilevate, al fine di studiare possibili soluzioni da verificare insieme agli operatori ed ai responsabili del reparto. Riuscire a pensare fuori

dagli schemi e confrontarsi con gli operatori potrebbe fornire idee utili.

- ❖ Fase 4: a questo punto, le attività sono state suddivise fra esterne ed interne, con queste ultime ridotte il più possibile. Il nuovo obiettivo è quello di ottimizzare le attività interne rimaste dopo le scremature precedenti, attraverso la riduzione degli sprechi (movimentazioni e movimenti superflui con distanze percorse non necessarie), favorire azioni semplici, veloci, svolte in parallelo fra i vari operatori.

Alcuni spunti interessanti sono la ricerca di chiusure rapide per le viti, la standardizzazione di utensili da utilizzare, l'eliminazione di regolazioni complesse, adozione di carrelli porta utensili.

- ❖ Fase 5: l'ultima fase concerne il tentativo di ridurre ed ottimizzare le operazioni esterne, mediante accorgimenti utilizzati anche durante la fase precedente. È molto utile, in questo momento, l'utilizzo della tecnica 5S che sarà presentata nel corso di questo capitolo. Una volta che sono state risolte le problematiche iniziali, si procede con la stesura e la prova sul campo della nuova procedura di attrezzaggio. Come sempre, il confronto con gli operatori deve essere presente per favorire un'adozione effettiva delle nuove procedure, aspetto che verrà monitorato nel tempo.

2.4.2 La metodologia 5S

Le 5S sono una metodologia tipica della Lean Production che serve per creare e mantenere un posto di lavoro organizzato, pulito ed efficiente. Inoltre, consentono di creare degli standard di lavoro ed aiutano ad eliminare o ridurre gli sprechi e rendono possibile la costruzione di una “Visual Factory”, cioè un sistema efficace di gestione a vista dell’ambiente di lavoro.

Alcuni obiettivi delle 5S sono:¹⁶

- Sicurezza: ordinare le zone di lavoro in modo tale da garantire la sicurezza delle persone. Ad esempio, viene vietata l’occupazione di zone in prossimità delle vie di fuga, si sistemano eventuali cavi e tubi, ecc.
- Qualità: si implementano procedure che consentono l’ottenimento costante di output conformi agli standard di qualità aziendali.
- Riduzione tempi di ricerca: attraverso il riordino degli ambienti, vengono create zone precise dove riporre e prelevare utensili vari e materiale necessario durante la produzione.
- Utilizzo degli spazi: gli spazi sono razionalizzati a seconda delle reali necessità degli operatori, evitando sprechi.
- Comunicazione ed immagine: un ambiente ordinato e pulito fornisce un’ottima immagine dell’azienda all’esterno.

Affinché le 5S portino risultati, è importante la presenza di alcuni fattori: il management aziendale dovrebbe partecipare attivamente a questo progetto per esplicitarne l’importanza e deve essere erogata una adeguata formazione a tutte le persone coinvolte. In particolare, questo

¹⁶ Slide “5S” del corso di Gestione Snella, Prof. Panizzolo Roberto, Università degli Studi di Padova

aspetto rende possibile un cambio di mentalità nelle persone che, in questo modo, risulteranno più propense a mantenere determinati standard operativi in maniera autonoma, senza necessità di continui solleciti.

Il termine “5S” indica cinque fasi da seguire (rappresentate in Figura 2.19), ciascuna indicata da una parola italiana che è la traduzione della corrispondente parola Giapponese.

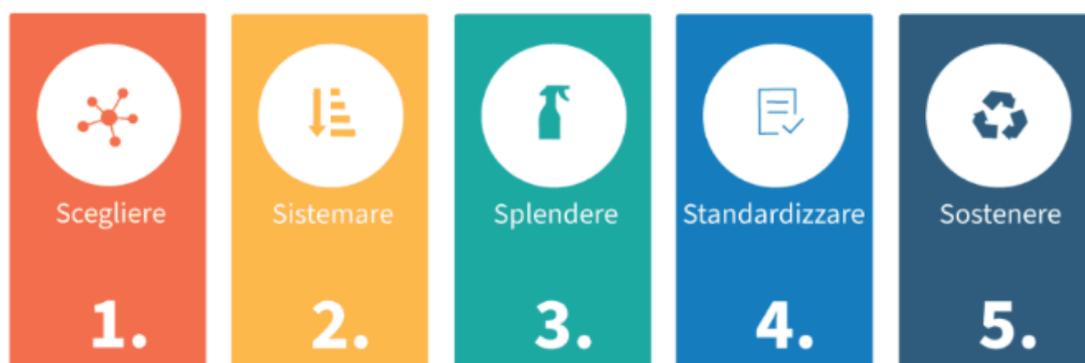


Figura 2.19 Fasi delle 5S (Fonte: agilean.it)

1. SCEGLIERE / SEPARARE (SEIRI, in giapponese)

In questa prima fase, nell'area di lavoro si identificano tutti gli oggetti non strettamente necessari durante il lavoro e si posizionano in un settore adeguatamente segnalato, chiamato “red area”. Nell'area di lavoro deve rimanere solamente ciò che viene usato sempre durante la produzione, quotidianamente. Nella red area, gli oggetti presenti vanno contrassegnati da un cartellino rosso (strumento Visual) con informazioni precise riguardo all'oggetto in questione. È molto importante rendersi conto della quantità di materiale che viene rimossa, quindi

bisogna posizionare la red area in un luogo dove sia facilmente visibile a tutte le persone coinvolte.

2. *SISTEMARE / ORDINARE (SEITON in giapponese)*

Ora, si prendono gli oggetti che non sono stati scartati durante la prima fase e si razionalizza il posto dove vanno messi. Cioè, la loro collocazione va studiata in modo tale da soddisfare i tre requisiti importanti di sicurezza, qualità ed efficienza.

È molto importante rendere visual le posizioni degli utensili e facile il loro prelievo/deposito. Per fare ciò, risultano utili le “shadow boards”, ovvero delle postazioni dove sono presenti le sagome dei pezzi che vanno depositati, in modo tale che il deposito ed il prelievo siano agevolati e si veda immediatamente se un utensile risulta mancante.

Gli scopi principali di questa seconda S sono: eliminare i tempi di ricerca di oggetti ed utensili vari, facilitare il prelievo ed il deposito degli attrezzi, creare una zona di lavoro facile da gestire ed ispezionare.

3. *SPLENDERE / PULIRE (SEISO in giapponese)*

Questa fase non consiste in una semplice pulizia fine a sé stessa, bensì serve per individuare le cause principali che generano sporco e, se eliminabili, si procede alla loro eliminazione. Inoltre, serve a rendere pulito l’ambiente di lavoro per dare un’immagine chiara di come si dovrebbe mantenerlo. Anche la qualità è favorita, dato che i problemi sono rilevabili in tempi più rapidi e si può intervenire repentinamente.

4. *STANDARDIZZARE (SEIKETSU in giapponese)*

La quarta fase prevede la realizzazione di standard procedurali per fare in modo quanto realizzato durante le fasi precedenti costituisca la base d'ora in avanti. Tutti si devono impegnare per fare in modo che l'ordine e la pulizia vengano mantenuti nel tempo e diventino attività di routine. Lo standard deve essere necessariamente scritto.

5. *SOSTENERE (SHITSUKE in giapponese)*

L'ultima fase consiste nel sostenere il miglioramento continuo. Vanno identificati dei KPI da monitorare periodicamente per avere sotto controllo la situazione, la formazione del personale deve essere mantenuta costante e la comunicazione periodica. Infatti, bastano anche brevi momenti di audit in cui si mostra l'andamento del monitoraggio e si ha l'occasione di sentire nuove idee e/o pareri degli operatori.

Gli standard vanno aggiornati periodicamente perché, in caso opposto, si rischia di regredire verso la situazione iniziale di disordine.

2.4.3 Muda Analysis

La Muda Analysis (Analisi degli sprechi) è uno strumento operativo molto utile per analizzare gli sprechi presenti in un determinato processo. La base di partenza è la conoscenza specifica della situazione AS IS. A partire da questa, si identificano tutti gli sprechi suddividendoli per categoria e si va alla ricerca della causa radice.

Quindi, non bisogna fermarsi alle prime cause plausibili, bensì è necessario condurre uno studio accurato per risalire fino alla natura del problema. Infine, si possono proporre delle possibili soluzioni in base allo stato futuro che si desidera realizzare. Tali soluzioni andranno a comporre un action plan dove saranno impiegate diverse risorse alle quali saranno affidati precisi compiti ed orizzonti temporali.

CAPITOLO 3: SITUAZIONE AS IS

In questo capitolo viene presentata la situazione di partenza del progetto di miglioramento. Sono stati utilizzati strumenti come l'Analisi di Pareto, la Group Technology e la Value Stream Mapping per avere un'idea iniziale chiara. Sulla base di ciò, è stato pianificato lo stato futuro in ottica sia di miglioramento del processo di verniciatura attuale, sia in ottica del nuovo impianto in fase di progettazione e realizzazione.

3.1 Analisi di Pareto (o Analisi ABC)

Per poter costruire una Value Stream Map è necessario fare alcune analisi preliminari per capire su quali prodotti o su quale famiglia di prodotti basare la mappatura¹⁷.

Il primo passo è l'analisi di Pareto (o Analisi ABC), la quale fu dimostrata nel 1897 dall'economista e sociologo italiano Vilfredo Pareto.

L'economista dimostrò questa legge empirica di natura statistica evidenziando come la maggior parte degli effetti del fenomeno studiato dipendano, in realtà, da un numero ristretto di cause. Il nome "ABC" deriva proprio dal nome generico assegnato alle 3 classi tipiche che rappresentano le cause del fenomeno osservato: A, B, C.

¹⁷ Mike Rother, John Shook, *"Learning to see: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi"*

In particolare, quando si ha a disposizione una grande mole di dati da poter analizzare, si vedrà che la classe A raggruppa al suo interno il 20% degli elementi della popolazione, i quali causano l'80% degli effetti osservati.

Si possono svolgere anche 2 analisi di Pareto in contemporanea per avere un risultato più chiaro quando si analizza un problema complesso. In questo caso si parla di Analisi ABC incrociata, dato che la struttura delle due analisi viene, appunto, fatta incrociare (si veda Tabella 3.1).

Analisi ABC incrociata		<u>FATTORE 2</u>		
		<i>A'</i>	<i>B'</i>	<i>C'</i>
<u>FATTORE 1</u>	<i>A</i>	AA'	AB'	AC'
	<i>B</i>	BA'	BB'	BC'
	<i>C</i>	CA'	CB'	CC'

Tabella 3.1 Analisi di Pareto incrociata (tabella generata dall'autore)

Quindi, si è partiti da un'analisi preliminare estraendo dal gestionale aziendale una grande mole di dati storici per il venduto dell'ultimo anno di cui si propone un piccolo esempio in Figura 3.1.

Questa estrapolazione rappresenta la base di dati iniziale sulla quale si sono basate tutte le successive analisi effettuate.

	B	C	D	E	F	G	H
1	CODART	DESART	ImportoTot	ImpCumulato	Cumulato%	ImportoTot%	
2	137310481	TELAIO 950x400x104 SK3304	1.320.240	1.320.240	2,5%	2,50%	
3	137326051	COPERCHIO C.L950 SK3304-3305	835.663	2.155.903	4,1%	1,58%	
4	0973904029	CABINET 770S	589.364	2.745.267	5,2%	1,12%	
5	137325255	CHASSIS SK 3328/29 CPL	557.307	3.302.574	6,3%	1,06%	
6	0973906751	CABINET 707	550.409	3.852.983	7,3%	1,04%	
7	137344109	COVER SK3383-3384-3385 CON RIBASSI	540.572	4.393.556	8,3%	1,02%	
8	137326231	COVER SK3328/29 CPL	418.979	4.812.534	9,1%	0,79%	
9	0973908798	TELAIO 710R	411.300	5.223.834	9,9%	0,78%	
10	0973910915	CABINET eFLUID	362.240	5.586.074	10,6%	0,69%	
11	0642204188652	BASE CON PIEGHE+PALLET E11-14	315.195	5.901.269	11,2%	0,60%	
12	001455614	KIT BASE AFC SCREW 20V. FASE 1	294.603	6.195.872	11,7%	0,56%	
13	137257057	COVER COATED SK3332.540	284.228	6.480.100	12,3%	0,54%	
14	00160021742	EXTERNAL SIDE PANEL DP400	236.663	6.716.763	12,7%	0,45%	
15	137317364	CHASSIS CPL SK3332.540	231.366	6.948.128	13,2%	0,44%	
16	1664810071211	STRUTTURA COF.PAS100150 MF - FKL MK2	193.935	7.142.063	13,5%	0,37%	
17	124123540010100	TELAIO NG 6000 PLUS	193.037	7.335.101	13,9%	0,37%	
18	1771127170115	BASE 625 PP	189.241	7.524.342	14,3%	0,36%	
19	1664810077216	STRUTTURA COF.INSON. PAS80MF 4	179.093	7.703.434	14,6%	0,34%	
20	1772236113799	S2 CANOPY KIT RAL5015	178.434	7.881.869	14,9%	0,34%	
21	0642204166281	FRAME ASSY	175.073	8.056.942	15,3%	0,33%	
22	001455620	KIT SING. CAST. AFC FREEC.2V.	167.872	8.224.814	15,6%	0,32%	
23	0642202702301	STF SUP.VITE-MOTORE C55-STAR	166.269	8.391.082	15,9%	0,32%	
24	0641624950680	FRAME ID171-340	149.662	8.540.744	16,2%	0,28%	
25	00160021734	EXTERNAL FRONT PANEL DP400	149.181	8.689.926	16,5%	0,28%	
26	0642202895785	PANN.FRONT. GA5-15	148.129	8.838.054	16,8%	0,28%	
27	0642202975881	CARENATURA ESS.A3-4 FG2P	144.370	8.982.424	17,0%	0,27%	

Figura 3.1 Estrapolazione del venduto dell'ultimo anno

Nell'ultimo anno, secondo questa raccolta di dati sul venduto, l'azienda ha prodotto più di 14000 codici di prodotti (si veda Figura 3.2).

	CODART	DESART
14276	0012650552	FOGLIO CHECK KIT K441F
14277	0012650553	FOGLIO CHECK KIT K441G
14278	0012650559	FOGLIO CHECK KIT K441P
14279	0012650551	FOGLIO CHECK KIT K441E
14280	0012650557	FOGLIO CHECK KIT K441U
14281	0012650558	FOGLIO CHECK KIT K441V
14282	0012650554	FOGLIO CHECK KIT K441H
14283	0012650556	FOGLIO CHECK KIT K441N
14284	0012650549	FOGLIO CHECK KIT K441C
14285	0012650548	FOGLIO CHECK KIT K441B
14286	0012650560	FOGLIO CHECK KIT K441Q
14287	0012650547	FOGLIO CHECK KIT K441A
14288	0012650550	FOGLIO CHECK KIT K441D
14289	03732128800356	COPERCHIO DEit 005-007
14290	034CAMO0351X3A1	MONT. CENT. ID LD 1511-3822 CLO
14291	124351030053200	CHIUSURA LATERALE SX PMU 400
14292	134VC610023700	COPERTURA
14293	134VC610023900	COPERTURA
14294	134VC6100244	COPERTURA CONTROL PANEL MFN
14295		

Figura 3.2 Codici totali

Di conseguenza, per poter effettuare la Value Stream Map in modo adeguato era necessario comprendere al meglio la situazione per individuare quale famiglia di prodotto utilizzare per la mappatura.

Effettuando l'Analisi di Pareto si è riusciti a ridurre notevolmente la mole di dati da analizzare. Infatti, la classe A della popolazione (responsabile dell'80% del fatturato) risulta composta da 1735 codici a fronte degli oltre 14000 totali. Quindi, come si vede in Figura 3.3, circa il 12% dei codici prodotti generano l'80% del fatturato annuo.

ANALISI DI PARETO			
FATTURATO	CLASSE	Qtà CODICI	% CODICI sul TOT
0% - 79.9%	A	1735	12,14%
80% - 94.9%	B	3245	22,70%
95% - 100%	C	9313	65,16%
	TOT	14293	100%

Figura 3.3 Risultati dell'analisi ABC

Di seguito, in Figura 3.4, si propone anche il grafico risultante.

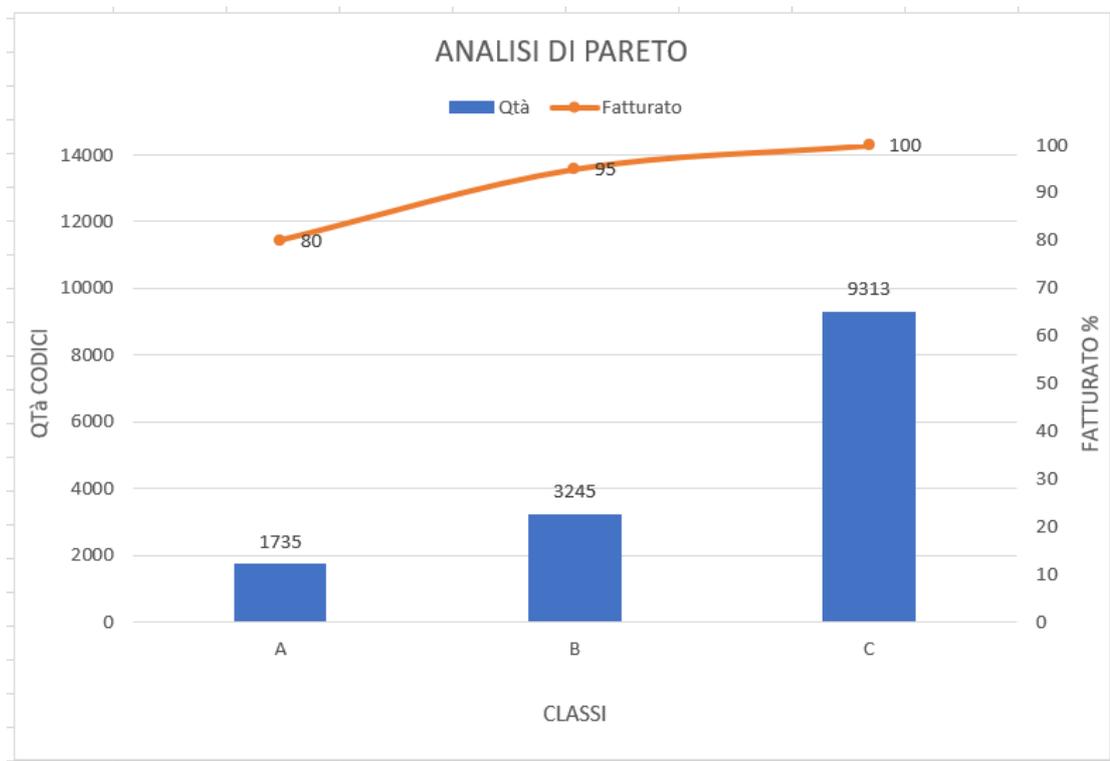


Figura 3.4 Grafico risultante dall'analisi ABC

3.2 Group Technology

A partire dai dati ottenuti tramite l'analisi ABC, è stata eseguita la Group Technology allo scopo di identificare le famiglie di prodotto con processi produttivi simili tra loro. In particolare, ci si è focalizzati sui prodotti della classe A dell'Analisi di Pareto.

I dati necessari erano i cicli di produzione dei diversi prodotti e, quindi, è stata eseguita un'altra estrazione di dati dal gestionale aziendale. In figura 3.5 viene presentata una porzione della base di dati ottenuta.

	A	B	C	D
1	STRING	STRING	INT	STRING
2	0641624950680	A1		10 PUNZONATURA S4
3	0641624950680	A2		20 PUNZONATURA S4
4	0641624950680	A1		30 PIEGATURA ROBOT
5	0641624950680	A2		40 PIEGATURA (CODATTO)
6	0641624950680	A		50 LAV.EST. SALDATURA C/L
7	0641624950680	A		60 VERNICIATURA
8	0641624950680	A		70 MONTAGGIO ACCESSORI
9	0641624950680	[PF]		80 IMBALLAGGIO
10	0642202261032	A		10 PUNZONATURA S4
11	0642202261032	A		20 PIEGATURA P4
12	0642202261032	A		30 LAV.EST. SALDATURA C/L
13	0642202261032	A		40 VERNICIATURA
14	0642202261032	[PF]		50 IMBALLAGGIO
15	0642202702005	A2		10 CESOIATURA
16	0642202702005	A1		20 PUNZONATURA S4
17	0642202702005	A3		30 PUNZONATURA S4
18	0642202702005	A1		40 PIEGATURA P4
19	0642202702005	A2		50 PIEGATURA MANUALE
20	0642202702005	A3		60 PIEGATURA MANUALE
21	0642202702005	A		70 LAV.EST. SALDATURA C/L
22	0642202702005	A		80 VERNICIATURA
23	0642202702005	A		90 MONTAGGIO ISOLAMENTO
24	0642202702005	[PF]		100 IMBALLAGGIO
25	0642202702301	A		10 TAGLIO LASER [m]

Figura 3.5 Base di dati con i cicli produttivi

Dopo aver opportunamente filtrato i risultati ottenuti (a titolo di esempio, non sono stati considerati i codici che non prevedono un ciclo produttivo integrabile nel flusso degli altri, ma che necessita di un percorso differente fra le fasi. Inoltre, si è eseguita un'analisi incrociata di Pareto sul valore e sulla quantità del venduto), si è potuto procedere ad eseguire la Group Technology mediante l'Algoritmo di King (metodo ROC: Rank Order Clustering).

Di seguito viene presentata la procedura teorica per l'applicazione di questo algoritmo¹⁸:

1. Si costruisca una matrice con i codici prodotti e le fasi produttive sui due assi (verticale ed orizzontale);
2. Per ogni codice, compilare le caselle di intersezione con le fasi produttive con "1" se il codice viene lavorato nella fase in esame, altrimenti compilare con "0";
3. Attribuire ad ogni riga un peso: ogni colonna assume un valore binario 2^{n-m} con n = numero di codici ed m che varia da 1 ad n ;
4. Calcolare il peso totale di ogni riga sommando i valori dei pesi delle colonne che presentano "1" nella cella corrispondente alla riga in esame (si veda Figura 3.6 come esempio);
5. Ordinare le righe in base al valore decrescente dei pesi appena calcolati;

¹⁸ Professoressa Daria Battini, slide del corso "*Impianti industriali*", Università degli Studi di Padova, laurea magistrale in ingegneria gestionale.

6. Attribuire ad ogni colonna un peso: ogni riga assume un valore binario 2^{i-k} con i = numero di fasi e k che varia da 1 ad i ;
7. Calcolare il peso totale di ogni colonna sommando i valori dei pesi delle righe che presentano “1” nella cella corrispondente alla colonna in esame;
8. Ordinare le colonne in base al valore decrescente dei pesi appena calcolati;
9. Se ai punti 5 ed 8 non sono stati necessari cambiamenti, l’algoritmo si conclude. Altrimenti, reiterare.

CODICI	FASI								VALORE
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	1	1	0	0	1	0	0	0	200
2	0	0	0	1	0	0	0	1	17
3	0	1	1	0	0	1	1	0	102
4	0	0	0	1	0	0	0	1	17
5	0	0	1	1	0	1	1	0	54
6	1	1	0	0	1	0	0	0	200
PESO	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	

$VALORE = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

Figura 3.6 Calcolo del valore di una riga in base ai pesi

L’algoritmo è stato applicato ai codici più rappresentativi prodotti in Comel ed ha permesso di mettere in evidenza l’esistenza di due grandi famiglie di prodotto importanti sia dal punto di vista delle quantità, sia

dal punto di vista del valore economico del venduto. Inoltre, un aspetto molto importante, che giustificherà delle scelte che presenteremo in seguito, è la sottolineatura della presenza di alcune fasi finali (riquadrate in rosso in Figura 3.7) che possono essere messe a flusso per i prodotti di entrambe le famiglie dato che sono fasi comuni a tutti. Si parla, in particolare, delle fasi di verniciatura e montaggio che costituiranno uno dei punti forti del nuovo impianto di verniciatura che verrà presentato in seguito.

CODICI	FASI										
	0060-1700	0070-516	0120	0045	0110	0060-1557	0070-659	0170	0200	0210	0230
2204224805	1	1	1	1					1	1	1
2202895505	1	1	1	1					1	1	1
2203048204	1	1	1	1					1	1	1
2202897000	1	1	1	1					1	1	1
2202702301	1	1	1	1					1	1	1
2204188630	1	1	1						1	1	1
1624950680	1	1	1						1	1	1
2202702005	1	1	1						1	1	1
2202975881	1	1	1						1	1	1
2204166281	1	1	1						1	1	1
2204188652	1	1	1						1	1	1
2202958805	1	1	1						1	1	1
2202895785	1	1			1				1	1	1
2202261032	1	1							1	1	1
3427298469			1			1	1		1	1	1
3104817648					1	1	1	1	1	1	1
3252551346					1	1	1		1	1	1
3260518549					1	1	1		1	1	1
3262314725					1	1	1		1		1
3173641597					1	1	1		1		1
2570579354					1	1	1		1		1
2570607469						1	1	1		1	1
3441097452						1	1			1	1

Figura 3.7 Risultato finale della Group Technology

3.3 Value Stream Map

Una volta eseguita la Group Technology, è possibile eseguire la mappatura del flusso del valore per una famiglia a scelte fra quelle identificate durante l'analisi.

Il Value Stream Mapping è uno strumento che presenta diversi vantaggi. Essi sono presentati di seguito, insieme ad una spiegazione teorica di come eseguire una VSM efficace¹⁹.

Alcuni dei vantaggi principali sono i seguenti:

- Aiuta a vedere gli sprechi e le cause che li determinano;
- Fornisce un linguaggio comune per parlare del processo in analisi, identificando le attività a valore rispetto a quelle a non valore (consentendo di ridurle il più possibile);
- Permette di perseguire 3 principi del Lean Thinking: identificare il flusso di valore, far scorrere il flusso ed implementare un sistema "pull". In particolare, questi ultimi due principi sono perseguiti nella fase successiva all'esecuzione della mappatura dello stato attuale. Infatti, dopo aver mappato l'AS IS del processo in esame, si procede a progettare una VSM dello stato TO BE e poi si pianifica un piano d'azione per apportare le migliorie studiate;

¹⁹ Mike Rother, John Shook, Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi

- Consente di collegare tecniche e concetti teorici della Lean, consentendo un utilizzo mirato e preciso delle tecniche più adeguate;
- Evidenzia il collegamento tra il flusso dei materiali e quello delle informazioni;
- Rispetto ai layout ed agli strumenti quantitativi, è più utile perché è uno strumento qualitativo che permette di mettere in evidenza come il processo dovrebbe operare per creare e mantenere il flusso.

Particolare attenzione va data ad alcuni dettagli importanti durante la mappatura, come ad esempio:

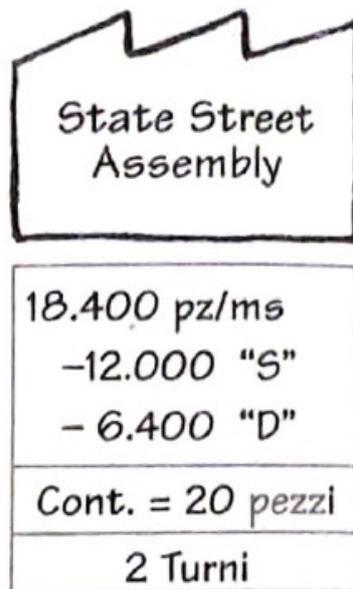
- Percorrere rapidamente l'intero flusso del valore prima di iniziare a raccogliere informazioni dettagliate;
- Iniziare dalla fase più a valle (tipicamente le spedizioni, la logistica) e risalire verso monte, in ottica di analizzare per primi i processi più vicini al cliente finale e che, quindi, dovrebbero dettare il ritmo all'intero processo produttivo;
- Non fare affidamento su tempi medi, tempi standard, inseriti nei software gestionali perché potrebbero fare riferimento a situazioni ideali e non rappresentare perfettamente la realtà.

Bisogna preferire, quindi, la raccolta di tempi e altri dati in maniera diretta (anche mediante un cronometro) piuttosto che affidarsi ciecamente alle informazioni reperibili dal computer;

- Mappare l'intero flusso del valore personalmente. In questo modo, si è sicuri di comprendere l'intero flusso perfettamente, senza correre il rischio di avere un'idea chiara solo a segmenti;
- Utilizzare carta e penna (o meglio, matita) per tracciare la mappatura, preferendola al computer. Infatti, ciò consente di disegnare direttamente nel *ghemba* (ovvero, direttamente in azienda e non in ufficio) dando la possibilità di raccogliere una grande serie di informazioni utili in tempo reale, senza il rischio di dimenticarsi qualche informazione ricevuta.

Ora vediamo il procedimento teorico per avere un riferimento sul come effettuare una mappatura del flusso del valore:

1. Si inizia dalle richieste del mercato. Dunque, la prima icona che si traccia è quella raffigurante l'azienda in cliente e viene posta in alto a destra nel foglio (Figura 3.8). Sotto l'icona, si scrivono alcuni dati importanti come la quantità di pezzi richiesta nel periodo (giorno, settimana, mese...), la quantità di pezzi in un contenitore, su quanti turni lavora il cliente e altro ancora.



*Figura 3.8 Esempio di icona del cliente
(Fonte: Learning to See: la mappatura
del flusso del valore per creare valore ed
eliminare gli sprechi)*

2. Dall'icona dell'azienda cliente, si procede a mappare tutti i processi aziendali coinvolti nella produzione del prodotto finale. Per ogni processo si utilizza una process box dedicata contenente diverse informazioni e sono posizionate nella parte inferiore del foglio. È importante sottolineare che un process box si interrompe quando il processo è disconnesso dal precedente e dal successivo per via della presenza di materiale di scorta movimentato a lotti e, dunque, il flusso viene interrotto. Può capitare, quindi, che all'interno di uno stesso reparto siano identificabili più process box (e su questo spreco bisognerà poi intervenire). Per quanto riguarda le spedizioni, si traccia anche una freccia con l'icona di un camion che va verso il cliente indicando il numero di spedizioni nel periodo. Le principali informazioni presenti all'interno del process box sono:

- Tempo ciclo (C/T): tempo fra l'uscita di un pezzo dal processo all'uscita del successivo. Non indica il tempo totale che impiega un pezzo per attraversare il processo;
- Tempo di setup C/O): tempo fra l'ultimo pezzo conforme del prodotto A ed il primo pezzo conforme del prodotto B. Indica, quindi, l'attrezzaggio ed è molto importante ed impattante;
- Numero di operatori: presenta diversi tipi di icone a seconda che ci siano operatori umani o meno;
- Tempo di lavoro disponibile per turno: è il tempo in secondi, al netto delle pause, disponibile per ciascun turno;
- Affidabilità (UP TIME): è il tempo per il quale la macchina è effettivamente a disposizione;
- EPE_x (EVERY PART EVERY X): è il livello di flessibilità del processo e si misura in ore, giorni o altre unità di misura temporali. È un riferimento molto importante per capire quanto il processo sia rigido o meno e, dunque, in grado di rispondere a cambiamenti della domanda.

Un buon indicatore della capacità corrente del processo in esame si può ricavare dalla seguente formula:

$$CAP\ CORR = \frac{TEMPO\ DI\ LAVORO\ DISPONIBILE}{TEMPO\ CICLO} \times AFFIDABILITA'\%$$

In Figura 3.9 viene presentato un esempio di 2 process box intervallati da un triangolo che indica una zona di accumulo di scorte fra i due processi. Il simbolo del triangolo richiama il segnale di pericolo, in quanto le scorte sono uno degli sprechi principali che ed è necessario cercare di minimizzarle. Sotto al simbolo, si possono indicare i quantitativi di materiale presente al momento della mappatura.

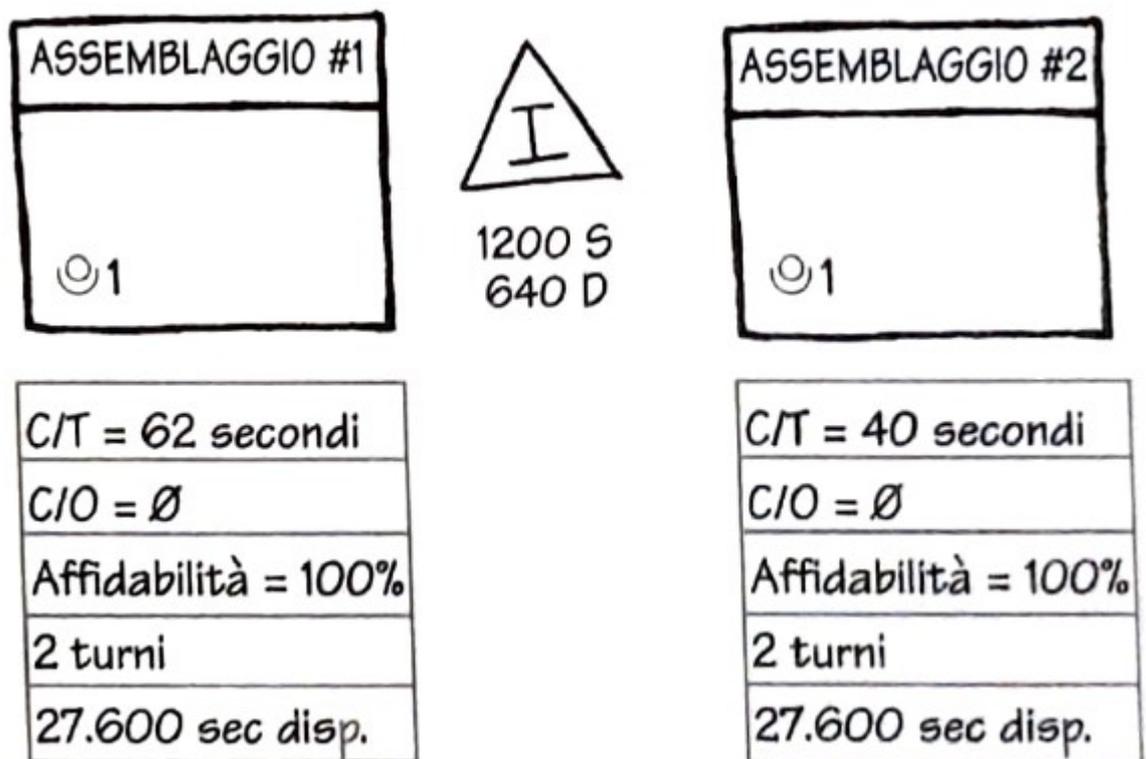


Figura 3.9 Esempio di icona del process box con accumulo di scorte intermedio (Fonte: Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi)

3. Dopo aver mappato i diversi processi aziendali, si procede a disegnare nella parte in alto a sinistra del foglio l'icona del

fornitore, inserendo i dati relativi ai giorni di consegna e le quantità che vengono fornite (Figura 3.10).

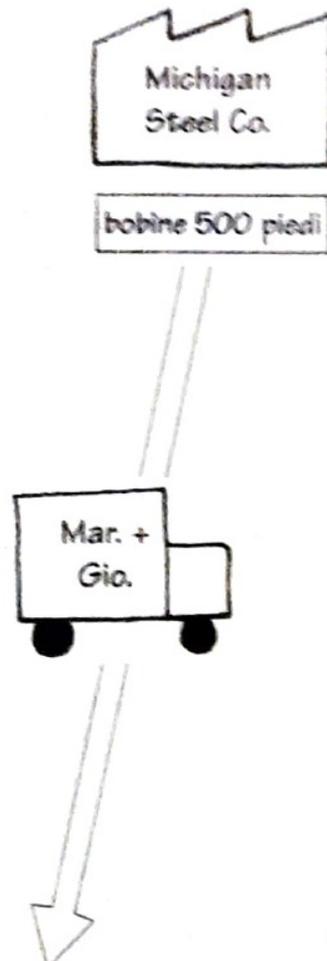


Figura 3.10 Esempio di icona del fornitore (Fonte: Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi)

4. A questo punto, si procede a tracciare le icone raffiguranti il flusso delle informazioni presente in azienda, con indicate le tempistiche e/o le modalità di trasmissione delle informazioni. Ci sono icone differenti per le informazioni “classiche” e quelle elettroniche, rappresentate rispettivamente da una freccia sottile e da una segmentata. Inoltre, fra i process box e le icone delle scorte fra i processi si tracciano frecce indicanti il tipo di

produzione (push con frecce a strisce piuttosto che FIFO con una freccia continua e la dicitura “FIFO”) e si segnalano i processi nei quali viene eseguita la cosiddetta programmazione a vista, cioè gli aggiustamenti delle tabelle produttive effettuate, per esempio, dai responsabili del reparto che si adeguano a seconda delle informazioni ricevute dall’ufficio di programmazione della produzione. Il suo simbolo è un paio di occhiali. In Figura 3.11 sono rappresentati i simboli appena descritti.

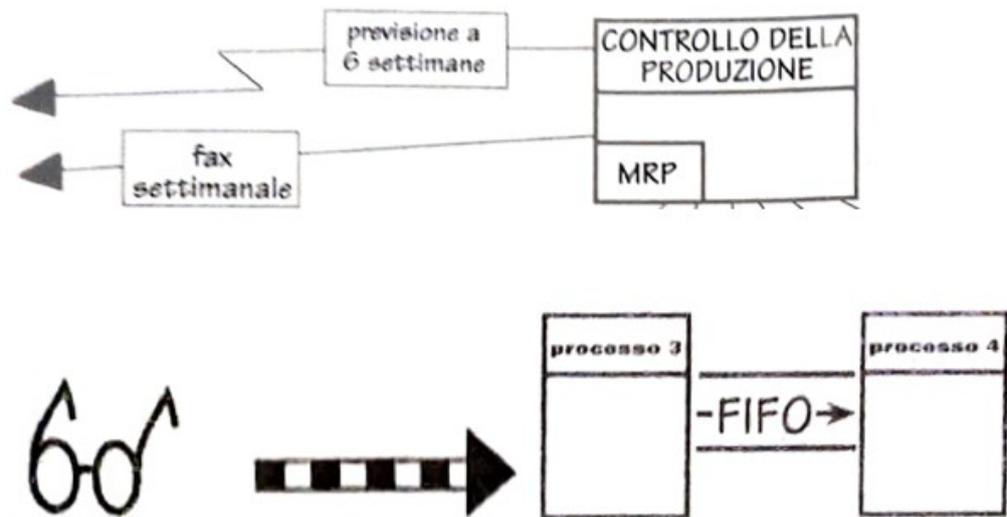


Figura 3.11 Icone raffiguranti il flusso di informazioni e materiale (Fonte: Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi)

5. Se l’azienda adotta già delle tecniche Lean di gestione della produzione come, per esempio, il kanban (e dunque kanban box, signal kanban, kanban di produzione e di prelievo, ecc), il supermarket o il livellamento dei carichi (in giapponese

“heijunka”), si dovranno raffigurare utilizzando un’apposita simbologia che si vede in Figura 3.12.

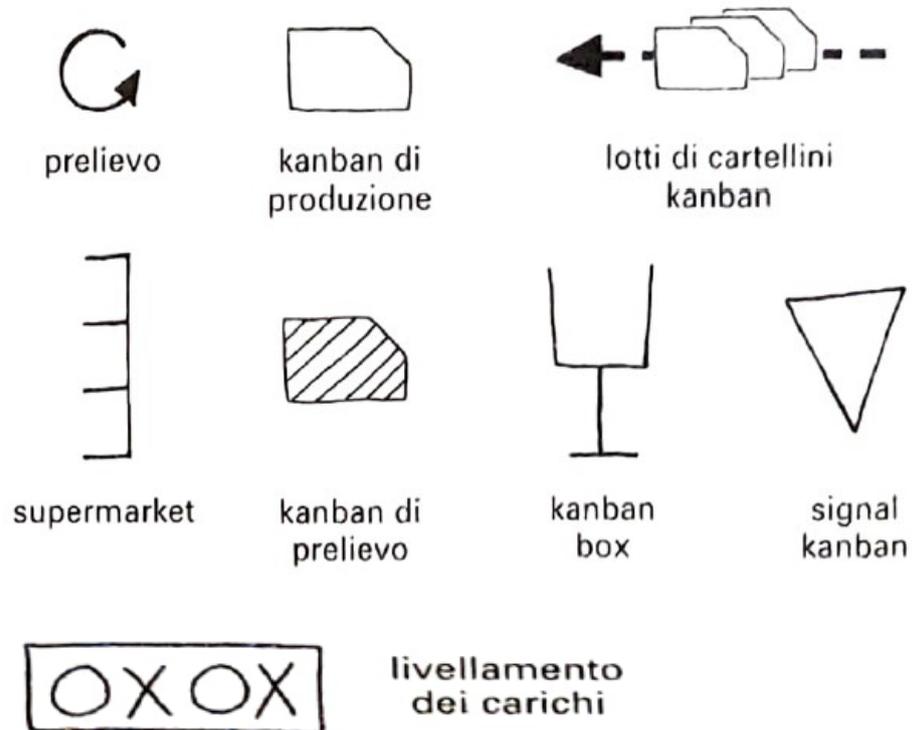


Figura 3.12 Icone raffiguranti l’utilizzo di tecniche Lean di gestione della produzione (Fonte: Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi)

6. Nella parte inferiore della VSM, si può tracciare la “time line”. Si tratta di una linea segmentata dove si indicano il lead time di attraversamento, il tempo ciclo e l’indice di copertura dei buffer presenti fra il processo, quest’ultimo calcolato come quantità in scorta diviso richiesta media giornaliera del cliente. Il tempo ciclo necessario per produrre un pezzo in un processo è solitamente minore del tempo necessario al pezzo stesso per scorrere all’interno del processo (quindi, il tempo ciclo è

inferiore rispetto al lead time di attraversamento). Si noti come minore è il lead time di attraversamento (o di produzione) e minore è il tempo per incassare dalla vendita dei prodotti realizzati. Inoltre, l'indice di rotazione dei magazzini aumenta con un lead time basso.

In Figura 3.13 è raffigurata l'icona della timeline.

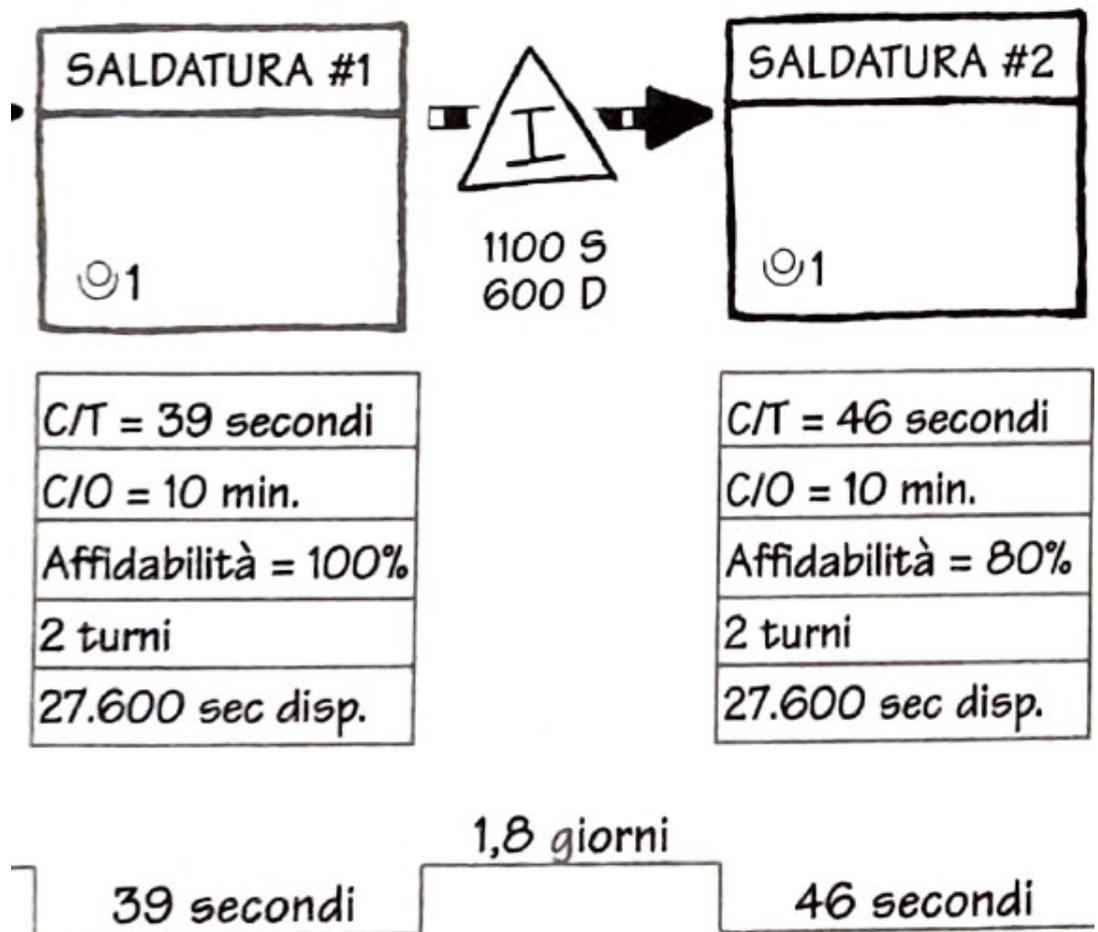


Figura 3.13 Icona raffiguranti la time line (Fonte: Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi)

In definitiva, quindi, nella mappatura del valore possiamo notare che il flusso fisico del materiale si sviluppa da sinistra verso destra, mentre quello informativo si sviluppa nella direzione opposta, ovvero da destra verso sinistra.

Per quanto riguarda la mappatura in Comel, ci si è basati sulle analisi riportate in questo capitolo per scegliere la famiglia di prodotti di riferimento.

Entrambe le famiglie in Figura 3.7 presentano al loro interno prodotti che si distinguono per le seguenti caratteristiche:

1. Sono codici altorotanti in azienda;
2. Sono codici che presentano volumi produttivi molto elevati e che, dunque, l'analisi del venduto ha messo in evidenza per le quantità;
3. Sono codici che presentano un valore economico del venduto molto alto, molto impattanti a livello di fatturato. Dunque, l'analisi di Pareto ha dato un'ulteriore conferma anche da questo punto di vista;
4. I tre fattori precedenti sono comuni ad entrambe le famiglie e ciò giustificherà le decisioni prese in ottica della progettazione dello stato futuro, che verrà presentato nel corso del prossimo capitolo.

La Figura 3.14 mostra il risultato della VSM, la Figura 3.15 la timeline.

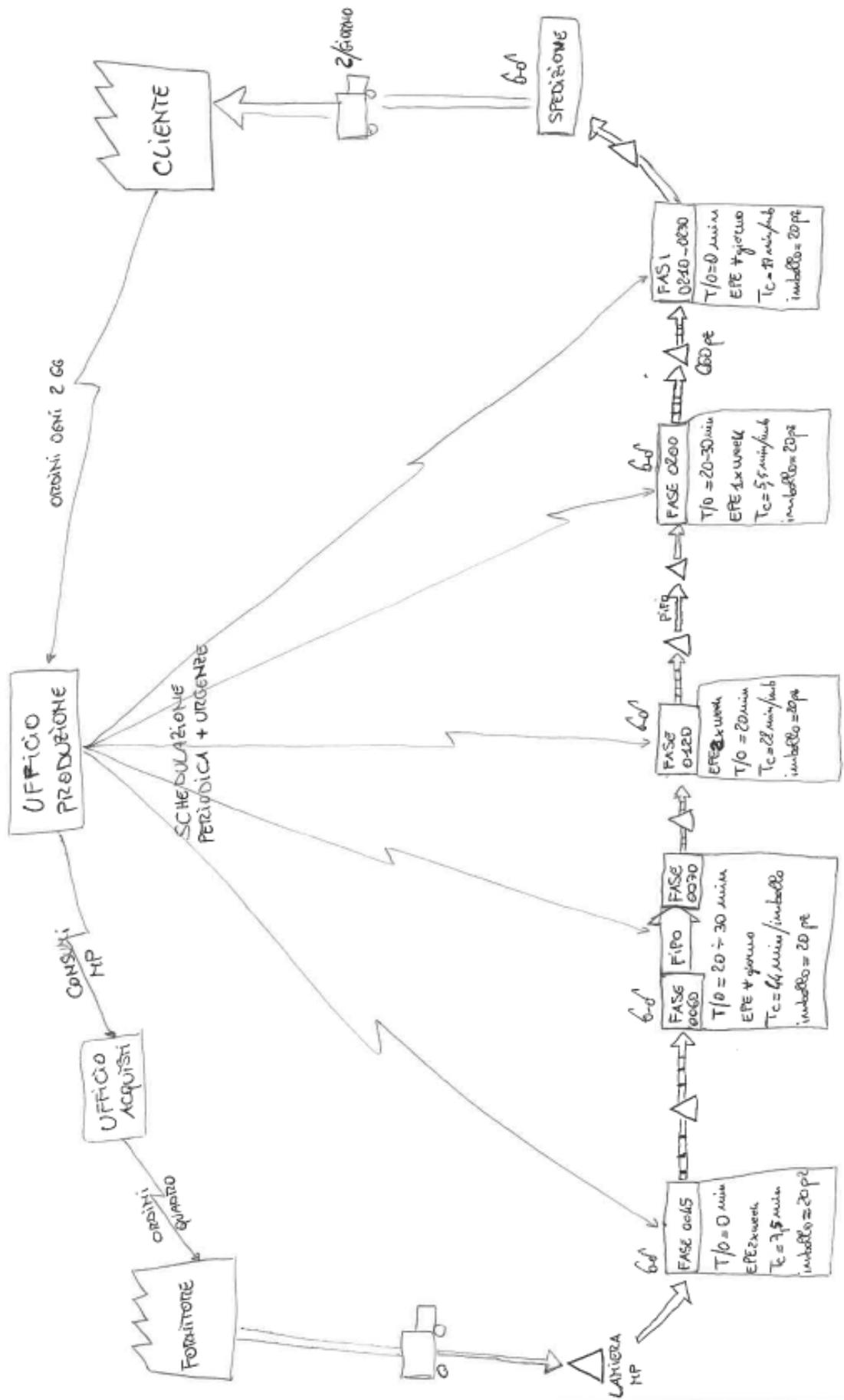


Figura 3.14 Value Stream Map

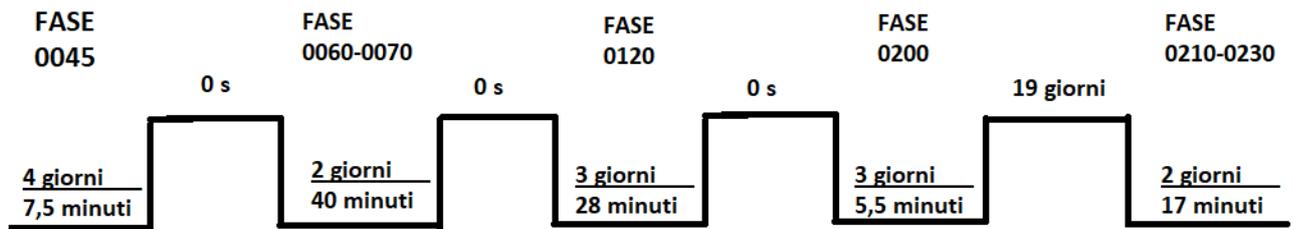


Figura 3.15 Timeline

Dall'analisi della mappatura, si può notare che le fasi principali del processo sono cinque. Ci sono due process box che racchiudono due fasi ciascuno, in particolare il process box 0060-0070 e quello 0210-0230. Questa scelta è stata presa in virtù del fatto che tra le fasi inserite nello stesso process box non è presente un magazzino intermedio o una zona di accumulo momentaneo delle scorte, bensì si tratta di lavorazioni che vengono eseguite a flusso, pur essendo distinte nel gestionale.

La mappatura e la timeline sono state costruite seguendo l'unità d'imballo composta da 20 pezzi. L'azienda cliente invia gli ordini ogni 2 giorni che servono per definire meglio le quantità di prodotto che desiderano ricevere sulla base delle loro previsioni con un orizzonte temporale di qualche mese. L'ufficio produzione riceve gli ordini e provvede a schedare la produzione e ad informare l'ufficio acquisti del fabbisogno di materia prima che si avrà nel tempo. Quest'ultimo ufficio rivede le quantità accordate con i fornitori e, se necessario, chiede delle modifiche di invio in termini di quantità.

Di seguito viene proposta una presentazione delle fasi e dei tempi indicati nella VSM e nella timeline:

- Fase 0045: si tratta della prima fase di lavorazione. Avendo sempre investito in macchinari innovativi a livello tecnologico, questi offrono il vantaggio di poter effettuare un setup ad impatto nullo. Infatti, la macchina presenta un magazzino automatizzato collegato e, mentre viene cambiato il tipo di lamiera da lavorare, viene anche effettuato il setup. Il tempo ciclo per un imballo è di circa 7,5 minuti e presenta un indicatore EPE2xweek in condizioni normali, ma in caso di urgenze produttive può sfruttare il setup nullo per rispondere in maniera flessibile alle necessità. Come si nota dalla timeline, il lead time di attraversamento di questa fase, in condizioni normali, è di 4 giorni. Quindi, il tempo ciclo (tempo a valore aggiunto) è una porzione piccola;
- Fasi 0060-0070: queste due fasi presentano un tempo di setup che può essere variabile a seconda del pezzo da lavorare. Indicativamente, il tempo varia fra i 20 ed i 30 minuti. Il tempo ciclo per lavorare un imballo è di circa 40 minuti, rispetto ai 2 giorni di lead time di attraversamento della fase. Anche in questo caso la flessibilità garantita è molto alta, come mostrato dall'indicatore EPEeveryday;
- Fase 0120: anche questa lavorazione presenta un tempo di setup variabile stimato fra i 20 ed i 30 minuti. Il tempo ciclo è di 28 minuti ad imballo, contro un lead time di attraversamento di 3 giorni. La flessibilità è elevata anche in questo processo, dato un EPE2xweek che, in caso di urgenze, può essere ridotto;

- Fase 0200: questa è la fase indicante il processo di verniciatura, fulcro di questo progetto di tesi. Nel process box viene indicato un tempo di setup compreso fra i 20 ed i 30 minuti, a seconda del tipo di cambio colore da effettuare. Il tempo ciclo è di 5,5 minuti ad imballo, ma il lead time di attraversamento è pari a 3 giorni. L'indicatore EPE1xweek mostra la prima criticità di questo processo. Infatti, ogni colore viene eseguito una volta a settimana e il programma di verniciatura è tarato in modo tale da seguire una scala di colore che consenta di minimizzare il rischio di difetti in caso di errori durante il setup (pulizia delle cabine) e quindi, in caso di ritardi o urgenze, non è possibile intervenire agilmente. Alcuni colori, inoltre, sono eseguiti una volta ogni 10 giorni e questo complica ulteriormente la gestione di eventuali urgenze che, in un'azienda che lavora su commessa, possono essere frequenti (tipico effetto frusta o effetto Forrest). Inoltre, è suddivisa dalla fase precedente da due magazzini distinti dove non sono state implementate delle logiche di ubicazione e dove, dunque, ci si basa sull'esperienza degli operatori che ubicano e prelevano i semilavorati;
- Fasi 0210-0230: questo è il secondo process box che presenta due fasi. Si tratta delle fasi di montaggio e di imballaggio che sono eseguite a flusso, dato che i pezzi vengono assemblati e subito imballati in imballi appositi pronti per poi essere ubicati nel magazzino del prodotto finito e spediti. Il tempo di setup è nullo grazie alla elevata duttilità degli operatori, il tempo ciclo è di 17 minuti rispetto ai 2 giorni di lead time di attraversamento del processo. L'indicatore EPEeveryday denota una flessibilità

molto elevata. Come si vede nella VSM, questo processo è diviso da quello di verniciatura da un magazzino intermedio che, al momento di esecuzione della mappatura, presentava 660 pezzi ubicati (a differenza degli altri magazzini intermedi). Queste due fasi saranno coinvolte nel miglioramento in ottica TO BE, grazie alla realizzazione di un nuovo impianto di verniciatura a polvere che sarà descritto nel prossimo capitolo, anche per evitare questo effetto frusta durante il ciclo produttivo.

Dunque, riassumendo i tempi necessari per un imballo standard formato da 20 pezzi, si ottengono i seguenti risultati:

- Tempo ciclo = 98 minuti/imballo
- Takt time = tempo di lavoro per turno/pezzi richiesti per turno =
 $8 \text{ ore} * 60 \text{ minuti} / 2 \text{ imballi} = 240 \text{ minuti/imballo}$
- Lead time di attraversamento = $660 \text{ pezzi} / 35 \text{ pezzi al giorno} = 19 \text{ giorni}$

Da questa prima analisi, facendo un focus sulle fasi di verniciatura (oggetto della tesi), montaggio ed imballaggio (ultimi due process box), ci si rende subito conto di alcune situazioni nelle quali intervenire in vista dello stato futuro (le azioni intraprese saranno esposte nel successivo capitolo):

- Migliorare la flessibilità del processo di verniciatura per poter verniciare lo stesso colore almeno 2 volte a settimana;

- Definire delle logiche di ubicazione nei magazzini precedenti il processo di verniciatura e, se possibile, ridurre le movimentazioni dato che rappresentano uno spreco;
- Ridurre le movimentazioni fra le fasi di verniciatura e montaggio – imballaggio;
- Ridurre l'effetto frusta, cercando di migliorare il flusso attraverso i processi;
- Ridurre il lead time di attraversamento;
- Fare in modo che le spedizioni possano trainare la produzione maggiormente in logica pull;

Nel prossimo capitolo saranno espone le azioni di miglioramento intraprese.

CAPITOLO 4: SITUAZIONE TO BE ED ACTION PLAN

In questo capitolo sono presentati lo stato futuro TO BE e l'azione plan studiato per mettere in atto una serie di attività al fine di migliorare la situazione AS IS. Il processo sul quale ci si è focalizzati è la verniciatura ma, come si vedrà in seguito, diverse analisi hanno compreso ed avranno effetti anche su altri processi con l'obiettivo finale di perseguire i principi Lean facendo scorrere il flusso ed implementando una produzione di tipo "pull" dove possibile.

4.1 Muda Analysis ed Action Plan

Nella parte finale del capitolo precedente sono stati elencati alcuni punti di miglioramento sul quale concentrarsi per migliorare il processo produttivo globale e, nello specifico, il processo di verniciatura. Una volta completata la fase di studio della situazione AS IS, ci si è quindi focalizzati sull'analisi degli sprechi (Muda Analysis) presenti nel processo che impediscono uno scorrimento continuo del flusso del valore. Si è fatto ampio uso della tecnica delle 5-WHY, ovvero ci è posti ripetutamente la domanda "Perché?" di fronte ad uno spreco o ad un problema fino a scoparne la causa radice. Ciò al fine di intervenire direttamente sull'origine del problema. In Figura 4.1 e Figura 4.2 si presenta la Muda Analysis eseguita inizialmente.

SPRECO	1WHY	2WHY	3WHY	4WHY	5WHY	CAUSA RADICE	ACTION PLAN
Poca flessibilità del processo di verniciatura (EPE2xweek)	Impianto poco performante	Difficile gestione dei colori	mancanza di std nel setup			Mix fra mancanza di std nel setup e limiti dell'impianto attuale	SMED e nuovo impianto per aumentare la capacità produttiva
Tempo e movimentazioni fra officina e verniciatura	Mancanza di logiche di ubicazione	Movimentazioni superflue	fasi non a flusso, logica push			Il WIP viene gestito in logica push, quindi la domanda non guida la produzione	Essere guidati dalla domanda del cliente nel nuovo impianto. Analizzare le movimentazioni superflue ed eliminarle
Tempo e movimentazioni fra verniciatura e fasi successive	Logica push	Fasi non collegate a flusso	La domanda non guida la produzione			Il WIP viene gestito in logica push, quindi la domanda non guida la produzione	Studiare il nuovo impianto per collegare a flusso le fasi che lo rendono possibile (Group Technology)
Ridurre l'effetto frusta	Logica push	Fasi non collegate a flusso	La domanda non guida la produzione			Il WIP viene gestito in logica push, quindi la domanda non guida la produzione	Studiare il nuovo impianto per collegare a flusso le fasi che lo rendono possibile (Group Technology)
Ridurre il lead time di attraversamento	Logica push	Fasi non collegate a flusso	La domanda non guida la produzione			Il WIP viene gestito in logica push, quindi la domanda non guida la produzione	Studiare il nuovo impianto per collegare a flusso le fasi che lo rendono possibile (Group Technology) e seguire la domanda (quindi, le spedizioni)

Figura 4.1 Muda Analysis, parte A

SPRECO	1WHY	2WHY	3WHY	4WHY	5WHY	CAUSA RADICE	ACTION PLAN
Problemi di qualità (rilavorazioni frequenti)	Limite dell'impianto	Disattenzione degli operatori	Limite dei robot di verniciatura			Gli operatori, a causa del rumore, non sempre avvertono i segnali acustici del robot che, però, può essere aggiornato con un consulente	Analizzare le operazioni NVA degli operatori ed eliminarle. Anaizzare i robot con un consulente.
Problemi di qualità	Operatori non eseguono controlli sui pezzi verniciati	La strumentazione non è sufficiente	Spostamenti frequenti			La strumentazione non è presente in tutte le cabine di verniciatura e questo costringerebbe gli operatori ad interrompere le attività VA per cercare gli strumenti	Acquisto di un altro strumento per il CQ e disposizione comoda per eseguire il CQ
Utilizzo del nylon per imballi	I pezzi verniciati devono essere imballati prima di essere movimentati	Movimentazioni superflue	Verniciatura e montaggio non a flusso			Dato che la verniciatura e le fasi a valle non sono collegate a flusso, la presenza di magazzini intermedi costringe ad imballare il WIP	Con il nuovo impianto, mettere a flusso queste fasi per eliminare movimentazioni ed utilizzo di imballo
Perdite di tempo per spostamenti e ricerche di utensili	Mancanza di utensili	Disordine nelle aree di lavoro	Mancanza di regole			A causa del disordine presente nelle aree di lavoro per mancanza di regole, gli utensili spesso non si trovano rapidamente o mancano	Effettuare le 5S formando gli operatori per creare e mantenere ordine e pulizia. Capire quali utensili necessitano di essere acquistati
Azioni di manutenzione confuse	Conoscenza tecnica non ottimale da parte degli operatori	Mancanza di tabelle di manutenzione programmata	Mancanza di standard			Un mix fra la mancanza di una manutenzione programmata ufficiale e la conoscenza tecnica specifica non sufficiente rendeva troppo soggettiva la manutenzione	Corso di formazione di un consulente esterno e dei responsabili di reparto. Creazione di standard operativi

Figura 4.2 Muda Analysis, parte B

Come si nota dalle due figure, le fonti di spreco sono molte e di varie tipologie. In genere non è stato necessario giungere fino al quinto “Perché?” per trovare le cause radice. Tuttavia, le due figure mostrano la Muda Analysis effettuata all’inizio del progetto di miglioramento. Successivamente, dopo aver avuto un confronto con gli operatori e man mano che il progetto proseguiva, sono venute alla luce altre fonti di spreco che sono state via via analizzate.

Si analizza, di seguito, il contenuto delle tabelle:

- Il processo di verniciatura risulta poco flessibile perché, come mostrato anche nella VSM in Figura 3.14, l’indicatore EPE1xweek (e per alcuni colori 1 volta ogni 10 giorni) risulta limitante. La causa radice di questo problema risiede sia nella mancanza di uno standard nella procedura di cambio colore (setup), sia in alcuni limiti dell’impianto sui quali non è possibile intervenire. Per risolvere il problema sono state intraprese due strade: una porta all’esecuzione dello SMED per definire uno standard di setup e ridurre il tempo per eseguirlo nell’impianto in funzione; la seconda strada porta all’analisi del nuovo impianto di verniciatura, i cui obiettivi e scopi saranno presentati in seguito;
- Data la presenza di più magazzini intermedi fra la verniciatura e le fasi precedenti (chiamate “officina”), ci sono movimentazioni superflue che causano una perdita di tempo eliminabile. Questo accade perché persiste la logica push nella produzione. Tali sprechi saranno oggetto di analisi per capire quali si possono eliminare nell’impianto attuale, mentre per quanto riguarda il

nuovo impianto di verniciatura saranno implementate logiche differenti, con la domanda del cliente che guiderà il processo di verniciatura in ottica pull;

- Lo stesso ragionamento del punto precedente è stato effettuato per le movimentazioni fra la verniciatura e le fasi successive. In fase di analisi era stato deciso di effettuare la Group Technology per valutare quali fasi potessero essere collegate a flusso e i risultati sono stati utilizzati come base per la progettazione del nuovo impianto;
- L'effetto frusta presente all'interno del processo globale porta ad avere una quantità elevata di WIP che procede in blocco dalle fasi a monte verso le fasi a valle, causando problemi di apparente carenza di personale, lead time lunghi di attraversamento e ritardi nella consegna al cliente. A ciò si aggiunge il problema della scarsa flessibilità dell'impianto attuale. Anche questo ha influito nella progettazione dello stato futuro;
- Nella Muda Analysis sono presenti anche dei problemi di qualità. Essi sono di vario genere e presentano diversi fattori come causa radice. Infatti, si parla di rilavorazioni necessarie, mancanza di controlli di qualità sui pezzi appena verniciati, problemi nella pulizia delle cabine durante il setup, errato funzionamento del robot in caso di anomalie di produzione. Per porre rimedio a queste situazioni si è deciso di intraprendere diverse azioni: aumentare la formazione al personale, contattare un consulente per risolvere problematiche tecniche e valutare l'acquisto di un

ulteriore strumento di misurazione per effettuare controlli qualità rapidi e precisi;

- L'utilizzo ridondante e superfluo di nylon per imballi è uno spreco diffuso tra le varie fasi. In ottica del nuovo impianto, la verniciatura e le fasi successive saranno collegate a flusso e ciò consentirà un risparmio nell'utilizzo del nylon, nei tempi necessari per svolgere le attività e una diminuzione del rischio di creare difetti ai pezzi lavorati. Infatti, un pezzo verniciato risulta essere delicato da movimentare e, quindi, riuscire ad adottare delle logiche produttive che ne riducano gli spostamenti può portare a vantaggi considerevoli;
- La manutenzione è un aspetto fondamentale quando si ha a che fare con un impianto di dimensioni importanti che lavora per 16 ore al giorno e che presenta molte parti meccaniche di movimentazioni. Ci si è accorti che questa attività viene svolta basandosi sull'esperienza degli operatori, ma senza la presenza di tabelle di manutenzione con cadenza programmata. Questo, a volte, genera alcuni fermo impianto di durata limitata, ugualmente impattanti in termini produttivi. Per intervenire in maniera efficace si è deciso di svolgere formazione tecnica agli operatori, stilare delle procedure operative per alcune attività importanti come la taratura delle cabine di verniciatura e definire un calendario di manutenzioni programmate;
- Un ulteriore problema che riguarda sia le attività produttive, sia i setup sia le manutenzioni è quello della mancanza di utensili adeguati o la loro ignota ubicazione. Nel tempo, alcuni utensili si

sono usurati o sono stati smarriti. Si è deciso di intervenire effettuando le 5S (fornendo una formazione adeguata agli operatori ed eseguendola insieme a loro per rendersi conto delle reali necessità di utensileria) per creare ordine, pulizia e creando un'area di lavoro che sia quanto più possibile “visual”.

Un aspetto fondamentale, come sarà spiegato in seguito, è stato il confronto con i responsabili del processo di verniciatura e gli operatori stessi. Infatti, da queste riunioni periodiche ed un contatto quotidiano sono nate diverse idee interessanti per ulteriori migliorie che sono state sviluppate successivamente.

4.2 Nuovo impianto di verniciatura

Come scritto nel primo capitolo di questo progetto di tesi, la proprietà è sempre aperta ad investire in macchinari, attrezzature e strutture all'avanguardia per mettere a disposizione della produzione le migliori soluzioni possibili. Anche in questo caso, tale affermazione si è dimostrata veritiera. Infatti, l'idea di acquistare un nuovo impianto di verniciatura nasce per soddisfare le nuove esigenze del processo produttivo, modernizzando e potenziando quello che rappresenta il collo di bottiglia del processo Comel.

In Figura 4.3 e Figura 4.4 se ne propone un layout semplificato che verrà poi spiegato, prima di evidenziare gli obiettivi principali che ci si è prefissati durante la progettazione.

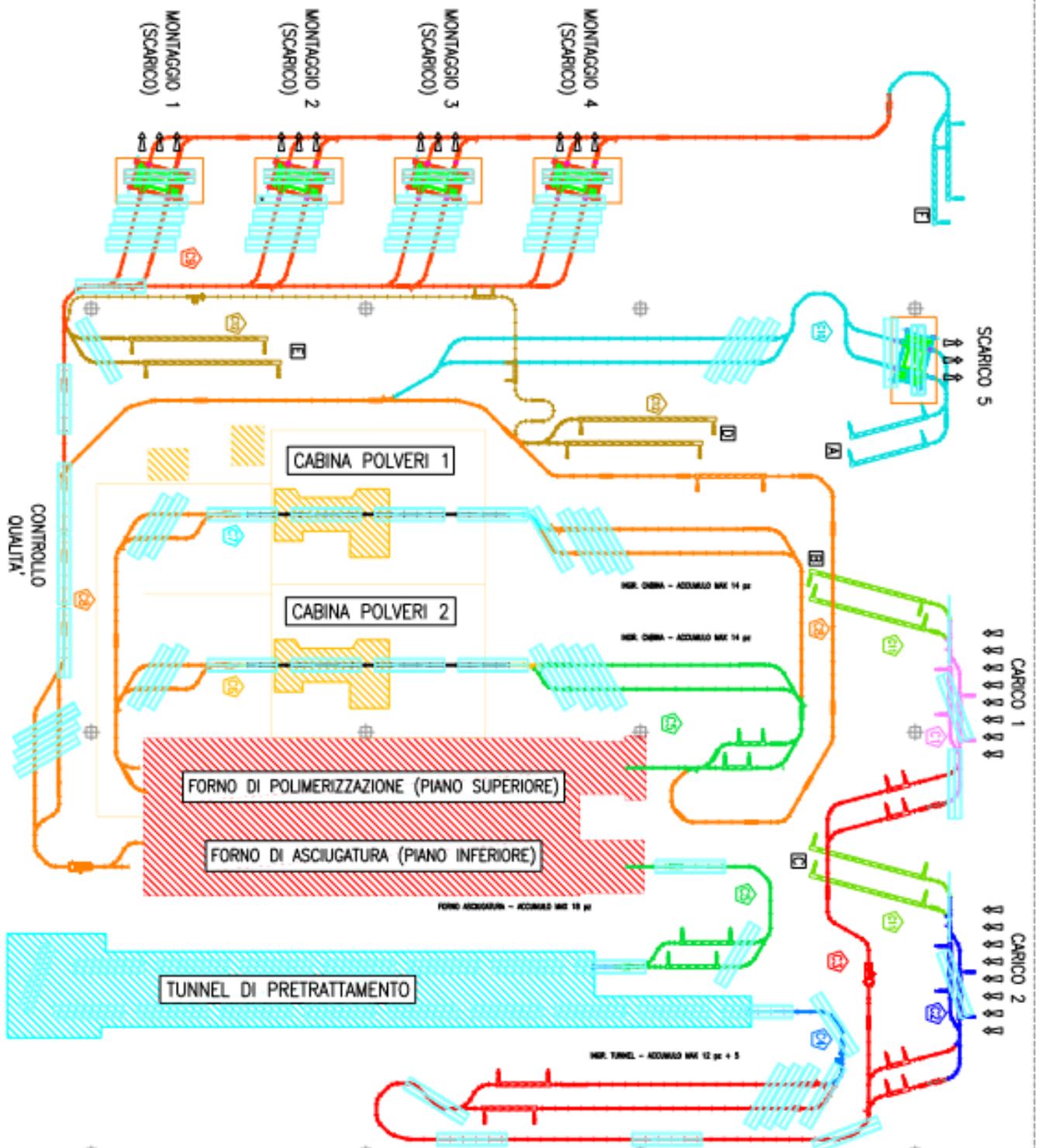


Figura 4.3 Piano inferiore del nuovo impianto di verniciatura

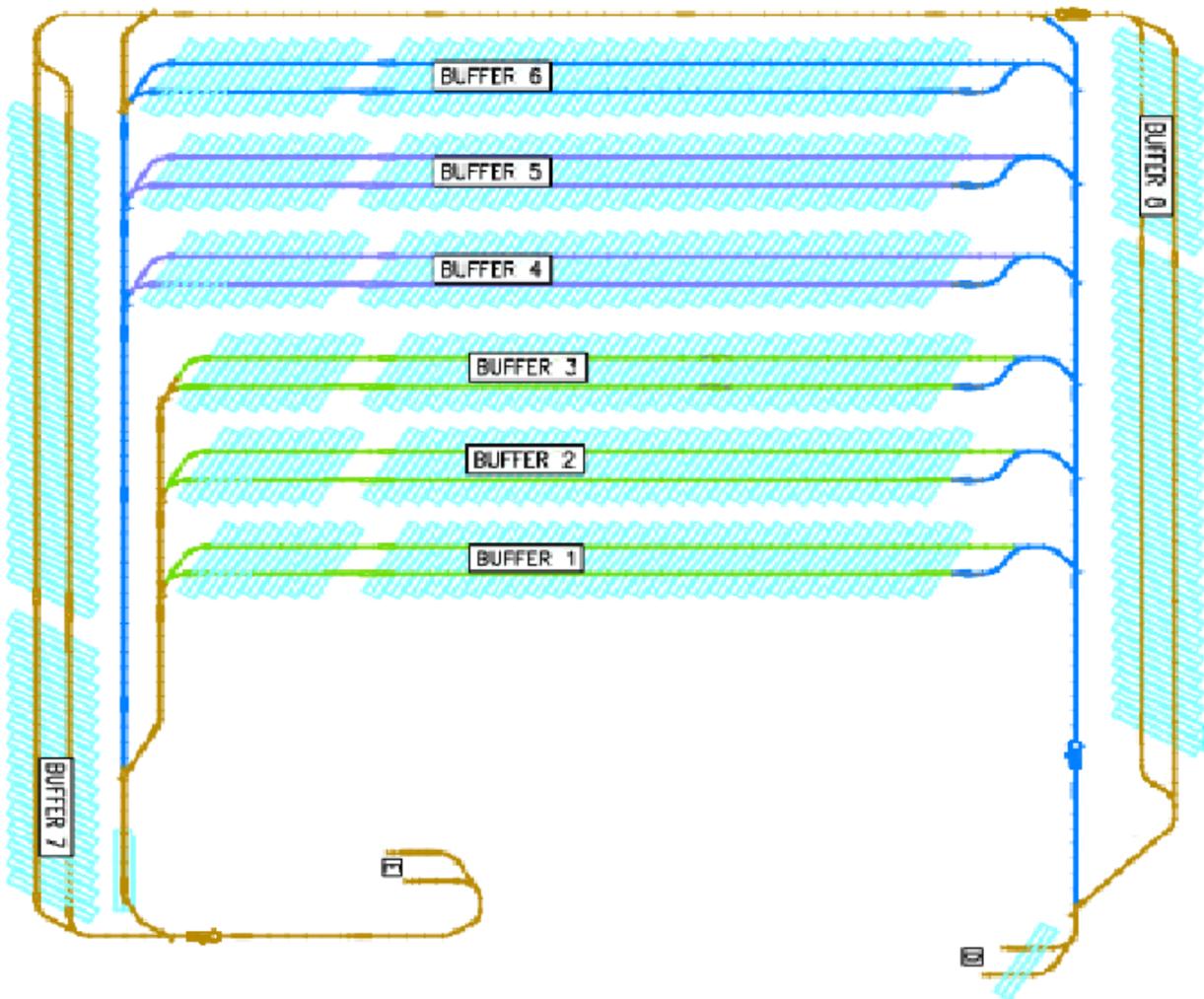


Figura 4.4 Piano superiore del nuovo impianto di verniciatura

Seguendo il flusso produttivo che seguiranno i pezzi nell'impianto, si incontrano le seguenti zone (visibili in Figura 4.3):

- Due baie di carico che alimentano le due cabine di verniciatura;
- Un tunnel di pretrattamento dove ogni pezzo subisce un processo di lavaggio e preparazione alla successiva fase del processo,

mediante l'utilizzo di diversi stadi dove avvengono diverse operazioni chimico-fisiche;

- Un forno di asciugatura che rappresenta l'ultimo step prima della fase di verniciatura vera e propria;
- Due cabine di verniciatura dotate di pistole automatiche disposte su file parallele. Inoltre, una cabina è dotata di robot di verniciatura mentre la seconda cabina presenta la predisposizione per una implementazione futura;
- Un forno di polimerizzazione dove i pezzi transitano dopo essere stati verniciati;
- Una zona del controllo qualità, essenziale per gli standard Comel;
- Una baia di scarico diretta, dove i pezzi possono dirigersi per essere immediatamente rimossi dalle travi e destinati verso altre aree aziendali;
- Quattro baie di montaggio collegate ed alimentate da otto buffer aerei sopraelevati;
- Otto buffer aerei sopraelevati (raffigurati in Figura 4.4) che servono da magazzino dell'impianto di verniciatura.

Di seguito, in Figura 4.5, si presenta l'idea dello stato futuro che si sta seguendo nelle fasi di studio ed analisi e verso il quale si procede con la costruzione dell'impianto.

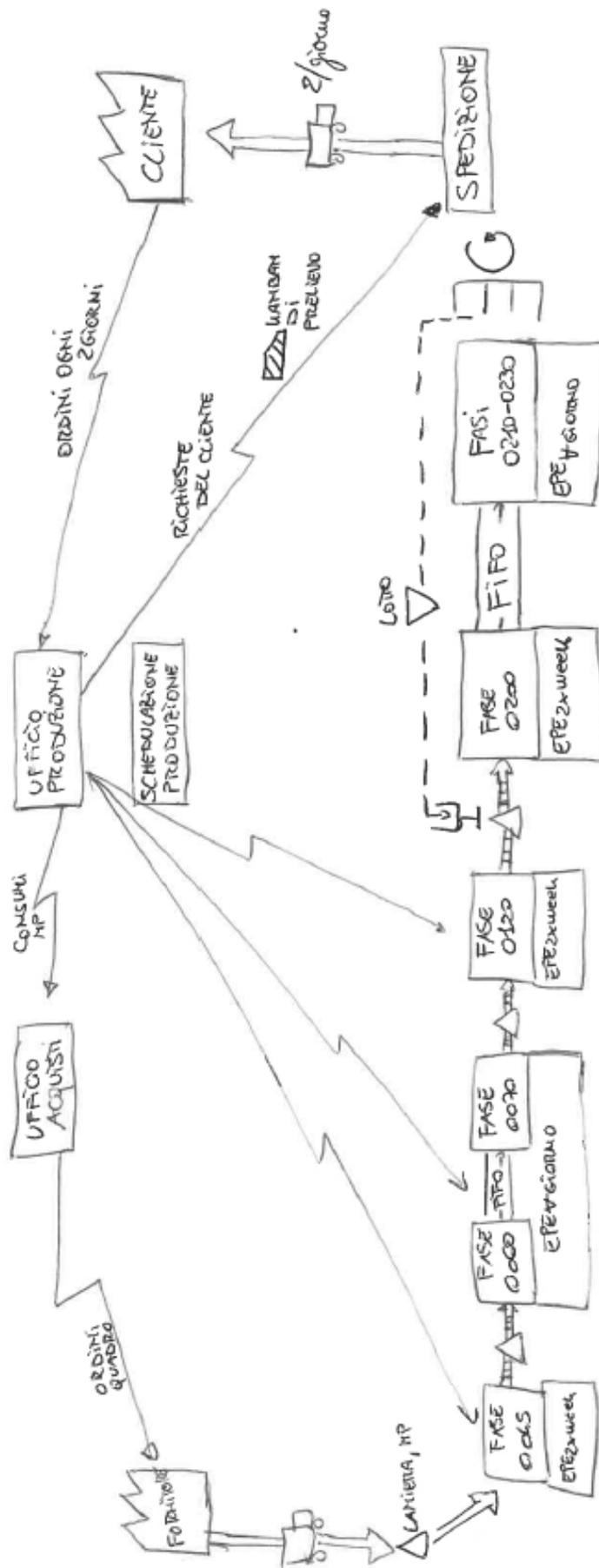


Figura 4.5 VSM TO BE

Come si vede nella figura, sono stati evidenziati gli indicatori EPE per ogni fase produttiva. Si noti che, rispetto a quanto detto in precedenza, l'indicatore per il processo di verniciatura passa da un EPE1xweek o anche EPE1x10giorni ad un EPE2xweek.

La differenza in termini di flessibilità è decisamente considerevole ed è uno degli obiettivi che la proprietà si era prefissata di raggiungere mediante questo investimento. Questo rende economicamente possibile anche la produzione a lotti di dimensioni minori, con tutte le conseguenze derivanti: minore quantità di WIP e minori quantità movimentate, minori scorte grazie ad una reattività e flessibilità maggiori.

I dati tecnici forniti dai fornitori (aziende leader nella progettazione e costruzione di impianti di verniciatura a polvere) sottolineano la capacità delle cabine di verniciatura di eseguire in automatico il setup (cioè, il cambio della tonalità e della tipologia di polvere utilizzata) con la sicurezza di non produrre scarti o difetti dovuti alla scarsa qualità dei prodotti verniciati (impurezze come puntini di colori differenti da quello richiesto dal cliente). Questo è un fattore fondamentale. Infatti, in caso di difetti e/o scarti nel processo di verniciatura è necessario far ripercorrere al pezzo l'intero flusso all'interno dell'impianto, causando un aumento dei costi ed una perdita di tempo considerevole. Le caratteristiche tecniche dichiarate dal costruttore, inoltre, presentano delle tempistiche di setup di massimo 6 minuti: nettamente inferiori a quelle attuali. Ciò rappresenta un altro punto a favore della flessibilità, della capacità di rispondere tempestivamente alla domanda del cliente finale ed un risparmio minimo del 70 % nel tempo di setup.

Un altro obiettivo importante è quello di aumentare la capacità produttiva del processo di verniciatura per poter soddisfare in tempi più rapidi la domanda di prodotti verniciati, rinnovando un processo che per natura è collegato al ciclo di vita dell'impianto ed al suo stato di obsolescenza. Infatti, a livello tecnologico c'è una differenza notevole fra l'impianto attuale e l'impianto in fase di costruzione, a partire dalle cabine di verniciatura stesse che richiederanno fino al 60% di personale in meno pur garantendo una capacità produttiva oraria superiore almeno del 18% rispetto a quella attuale.

Per quanto riguarda la capacità produttiva, ci si è posti l'obiettivo di riuscire a produrre una quantità di 45 travi/ora di prodotti verniciati che hanno completato il ciclo e la velocità delle travi deve essere di 3,5 m/min (+34% rispetto all'AS IS). Ciò significa aumentare di un'ottima percentuale la capacità produttiva oraria rispetto a quella attualmente a disposizione dell'azienda (+18%) e, insieme alle rinnovate condizioni di flessibilità, permetterebbero di ridurre in maniera importante il lead time verso il cliente finale. Infatti, rispetto ai 5 giorni totali di lead time di attraversamento delle fasi di verniciatura e montaggio, questo tempo si ridurrebbe a 2 giorni consentendo di rispondere tempestivamente alla domanda.

In Figura 4.5 e nelle righe precedenti si vede come le fasi di verniciatura e montaggio siano legate a flusso in ottica TO BE. Tale decisione è stata presa in seguito ad alcune analisi effettuate sui prodotti dell'azienda. Infatti, come evidenziato nel capitolo precedente, è stata eseguita l'analisi ABC per definire quali fossero le famiglie di prodotti caratterizzate da un maggior volume produttivo ed un maggior impatto

in termini percentuali sul fatturato annuo, dunque di maggior valore economico per l'azienda.

Dopo aver identificato tali famiglie, si è proseguito eseguendo una Group Technology il cui risultato è rappresentato in Figura 3.7.

Appare subito evidente che le fasi di verniciatura e montaggio siano fasi comuni alle famiglie prese in esame. Questo giustifica la decisione di mettere a flusso queste due fasi e, quindi, di progettare il nuovo impianto di verniciatura in modo tale da rendere possibile questo scenario, perseguendo anche due principi Lean molto importanti: far scorrere il flusso ed organizzare la produzione in ottica "pull".

1. Per quanto riguarda il principio "far scorrere il flusso", tale obiettivo viene realizzato grazie alla presenza degli otto buffer aerei che alimentano direttamente le quattro baie di montaggio. È in corso l'analisi dei tempi in modo tale che l'arrivo dei pezzi sui banchi del montaggio sia perfettamente sincronizzato con i tempi necessari al montaggio stesso da parte degli operatori addetti alla lavorazione. Inoltre, la presenza di un buffer aereo permette di sfruttare al meglio lo spazio volumetrico a disposizione dell'azienda senza dover installare ulteriori scaffalature nei capannoni e senza dover impiegare operatori muniti di carrelli elevatori per la movimentazione dei prodotti stoccati. Anche il tema delle movimentazioni è stato oggetto di un'analisi interna ed i risultati sono stati molto incoraggianti.

Infatti, grazie ad un software gestionale aziendale è stato possibile rilevare la percorrenza annua effettuata da 2 operatori addetti alla movimentazione con carrelli elevatori nel reparto di montaggio e 2 operatori addetti al reparto di verniciatura con la stessa mansione.

Tramite l'utilizzo di opportuni divisori, la velocità media di percorrenza e le ore lavorate quotidianamente si è giunti a calcolare il risparmio giornaliero in termini di ore lavorative:

- I due operatori del reparto di montaggio risparmierebbero il 69% delle ore quotidiane di lavoro, ovvero poco più di 5.5 ore al giorno;
- I due operatori del reparto di verniciatura risparmierebbero il 32% delle ore quotidiane di lavoro, ovvero circa 5 ore.

Questo tempo risparmiato verrà utilizzato per assicurare un asservimento adeguato e tempestivo delle attrezzature necessarie agli operatori addetti alle future baie di montaggio ed una corretta movimentazione del WIP verso le baie di carico dell'impianto ottenendo un'efficienza maggiore rispetto alla situazione attuale, nonché dei contenitori per creare imballi delle quantità corrette di prodotto finito.

2. Il principio di organizzare la produzione in ottica “pull” viene realizzato, come mostrato in Figura 4.5, realizzando un sistema kanban collegato direttamente alla domanda del cliente (sarà oggetto di studio nei prossimi mesi).

L'ingegnere Cesarato (tutor aziendale che mi ha guidato e supportato in questo processo di tesi) ha sviluppato un nuovo programma per organizzare la produzione del processo di verniciatura in maniera molto efficiente. Tale programma potrà costituire la base per ulteriori futuri miglioramenti per quanto riguarda il collegamento “pull” con le altre fasi produttive posizionate a monte nel processo produttivo, consentendo una comunicazione più rapida fra i vari responsabili.

Un'altra analisi è stata effettuata sulle bobine di film estensibile manuale (nylon) utilizzate al termine del processo di verniciatura per l'imballo dei prodotti verniciati prima che essi vengano stoccati in attesa della successiva fase di montaggio. Per un determinato periodo si è registrato il consumo di queste bobine e la stima finale, proiettata su un anno di lavoro, risulta essere di poco più di 3600 bobine. Dato che le fasi verniciatura e montaggio saranno collegate direttamente a flusso, i pezzi prodotti nel nuovo impianto non saranno più imballati nel passaggio da una fase all'altra perché resteranno posizionati nei buffer aerei. Quindi, secondo le stime dei consumi interni, il risparmio su queste bobine sarà circa del 30-35%, ovvero fra le 1000 e le 1200 in meno ogni anno con un impatto positivo a livello di tempi di lavorazione e movimentazione, a livello economico e anche a livello ambientale, data la tematica ecologica sempre più importante anche a livello industriale.

4.3 Processo di verniciatura attuale

Dopo aver descritto il nuovo impianto e le analisi effettuate in ottica TO BE, si procede con la presentazione delle azioni di miglioramento effettuate nell'impianto già presente in Comel.

Come si noterà proseguendo nella lettura di questa sezione finale del progetto di tesi, si è cercato di dare sempre molta importanza al confronto costruttivo con gli operatori che svolgono diverse attività nel processo di verniciatura. Questo al fine di risultare sempre trasparenti nelle azioni che si decideva di intraprendere e, soprattutto, per coinvolgere in maniera attiva tutte le persone coinvolte nel progetto di miglioramento. Anche la proprietà stessa ha partecipato in maniera

attiva presenziando ad alcune riunioni, mostrando un interesse positivo nei confronti delle attività svolte e dando disponibilità ad effettuare eventuali investimenti necessari per apportare quante più migliorie possibili al processo.

Dunque, il primo passo è stato quello di organizzare una riunione con tutti gli operatori, i responsabili del processo di verniciatura e i responsabili del progetto di miglioramento. Lo scopo di tale riunione è quello di presentare il progetto di miglioramento, le persone coinvolte che saranno il punto di riferimento, i responsabili di tale progetto e coinvolgere attivamente tutte le risorse presenti. Per fare ciò, è stato creato un tabellone intitolato “Miglioramento verniciatura” e posizionato in una zona dove tutti potessero vederlo e consultarlo quotidianamente (visibile in Figura 4.6).

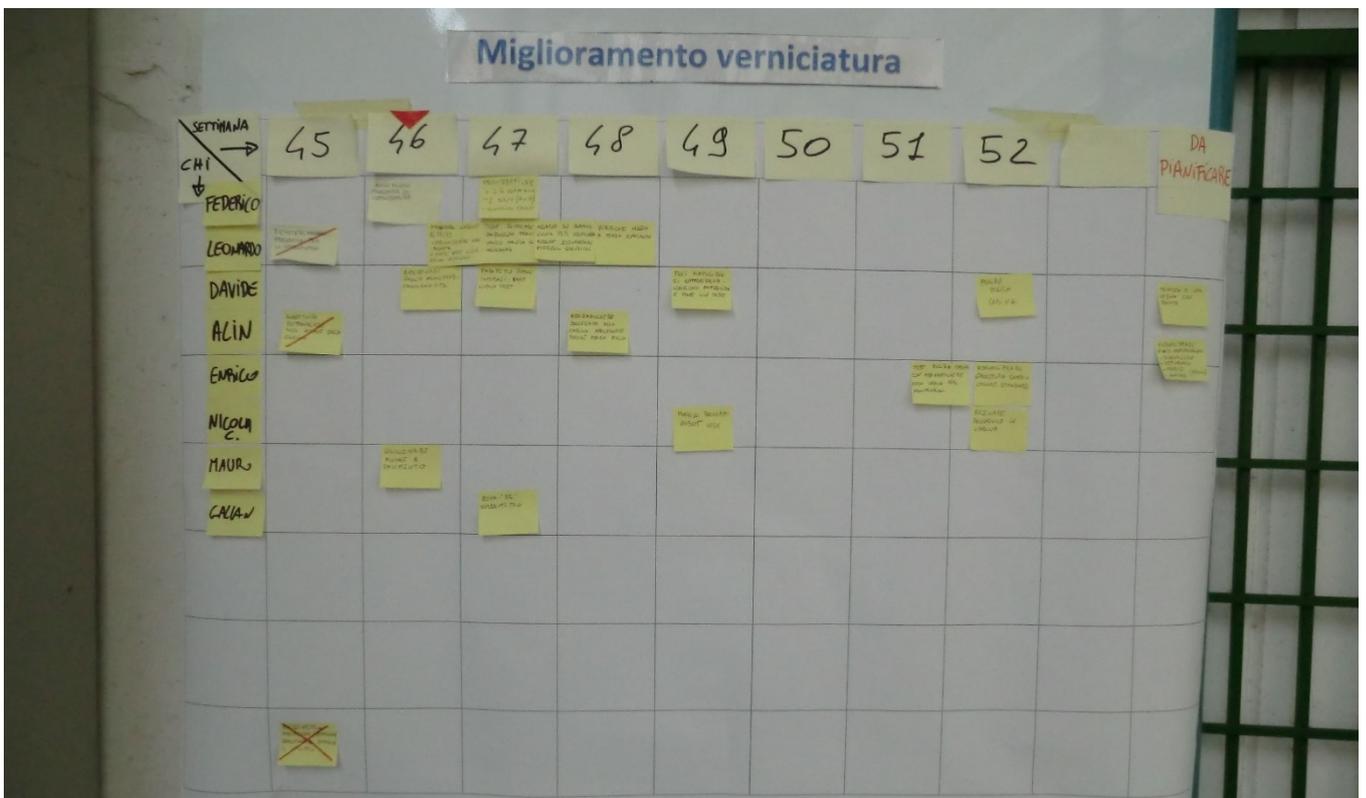


Figura 4.6 Tabellone del progetto di miglioramento

Questo tabellone, costruito in modo tale da consentire una lettura rapida e semplice in maniera “visual”, presenta sull’asse orizzontale le diverse settimane dell’anno e sull’asse verticale i diversi responsabili delle attività da svolgere. In corrispondenza dell’incrocio fra i due assi sono posizionati i cartellini con le attività, per indicare il termine entro il quale esse devono essere svolte. Nella parte inferiore è stata posizionata una legenda con lo scopo di spiegare come aggiornare l’avanzamento di tali attività e come proporre ulteriori interventi. Si è spiegato agli operatori i motivi alla base delle diverse attività che si intendeva eseguire nelle settimane successive, cercando di coinvolgerli il più possibile incitando la loro partecipazione attiva con proposte, idee e suggerimenti. Questa considerazione nasce dal presupposto che, lavorando quotidianamente nell’impianto, la loro esperienza possa essere molto utile per portare alla luce ulteriori situazioni sulle quali intervenire.

Gli effetti positivi si sono visti sin da subito. Infatti, già durante la prima riunione sono state esposte diverse idee interessanti che sono state successivamente analizzate. Questo ha permesso di rendersi conto che risultava necessario intervenire su alcuni temi come la manutenzione, la formazione e, addirittura, eseguire l’attività delle 5S. Tale attività era già stata prevista dai responsabili del progetto di miglioramento, ma la richiesta fu esplicita anche da parte degli operatori perché, in precedenza, avevano potuto osservare i benefici di tale attività svolta in altri processi aziendali.

Per aumentare ulteriormente il coinvolgimento degli operatori, alcuni di essi sono stati indicati come responsabili stessi dell'esecuzione delle proposte avanzate.

Dopo questo primo incontro, fu deciso che periodicamente si sarebbero svolte delle brevi riunioni di aggiornamento con lo scopo di mostrare lo stato di avanzamento del progetto e raccogliere eventuali nuove idee. A questo punto, si poteva partire con l'analisi e l'implementazione delle azioni di miglioramento.

Con i due responsabili della verniciatura (uno per l'organizzazione della produzione ed uno per la qualità dei prodotti) si è effettuata un'analisi delle aree sulle quali intervenire e come programmare queste operazioni.

Dai report sulla qualità settimanali è stata evidenziata una problematica interessante: accadeva troppo frequentemente per gli standard Comel che i pezzi verniciati non avessero uno spessore adeguato di polvere.

Investigando le cause radice, ci si è resi conto che gli strumenti disponibili per effettuare i controlli qualità in cabina di verniciatura erano due, ma le cabine sono tre. Questo generava un continuo spostamento degli operatori alla ricerca di uno strumento (chiamato "spessimetro") da poter utilizzare e, a volte, il risultato finale era un mancato controllo qualità considerando il tempo necessario per la ricerca. Si è deciso di intervenire coinvolgendo la proprietà e proponendo l'acquisto di un ulteriore strumento di misurazione, in modo tale che ogni cabina avesse il proprio spessimetro. La risposta da

parte della proprietà fu estremamente positiva e fu consentito l'acquisto. Successivamente, il responsabile della qualità del processo si è occupato della formazione del personale sull'utilizzo dello strumento che rende disponibile direttamente nei computer aziendali l'andamento dei controlli qualità. Durante le 5S, si è predisposta una zona adibita al posizionamento di ogni spessimetro in modo tale che risultasse agevole per gli operatori il prelievo ed il deposito dello stesso.

Un altro intervento per facilitare il controllo qualità è stato lo studio di un parapetto da posizionare sulle aperture laterali delle cabine, in modo tale da rendere più agevole e sicura l'operazione per gli operatori. Per fare ciò, si è chiesto il supporto dell'ufficio tecnico aziendale che ha risposto in maniera molto rapida preparando alcuni prototipi. Dopo un confronto con gli operatori su quale fosse la soluzione migliore, si è giunti ad un risultato visibile in Figura 4.7 e Figura 4.8.



Figura 4.7 Parapetto laterale, vista posteriore



Figura 4.8 Parapetto laterale, vista in opera

Parallelamente sono state eseguite altre analisi. In primis, si è fatto un focus sul tema delle manutenzioni. Insieme all'operatore responsabile di effettuare questi interventi, sono stati programmati quelli più urgenti ed importanti da svolgere. Inoltre, è stato ufficializzato un programma con cadenze periodiche delle manutenzioni da svolgere, in modo tale che questo importante tema non fosse gestito in maniera "casuale", bensì sotto la costante supervisione dei responsabili che, compatibilmente con le necessità della produzione, organizzano delle giornate adibite allo svolgersi di queste attività fondamentali per non avere fermi di produzione.

Tuttavia, alcuni interventi risultavano spesso di difficile esecuzione e basati sull'opinione/esperienza personale di chi li svolgeva. Per risolvere questo problema, con il benestare della proprietà ci si è rivolti ad un consulente esterno competente in materia e sono stati organizzati

alcuni incontri presso l'azienda Comel. Gli scopi di queste giornate (alle quali hanno partecipato anche i responsabili) erano principalmente due:

- Effettuare una adeguata formazione al personale in materia di manutenzione, a partire dalle basi teoriche fino ad arrivare alle dimostrazioni pratiche sull'esecuzione e sull'ispezione visiva delle parti soggette ad usura nel tempo;
- Consentire la stesura di adeguate istruzioni operative da rendere disponibili agli operatori per gli interventi futuri, in modo tale che le attività non dipendessero più dalla soggettività di chi le svolgeva. In sostanza, quindi, si voleva creare degli standard operativi comuni.

Il risultato di questi interventi fu estremamente positivo. Ci si rese conto che le pistole automatiche delle cabine non erano adeguatamente tarate e, purtroppo, le procedure seguite dagli operatori non erano corrette. In alcuni casi, i valori effettivi di taratura si discostavano in maniera inaccettabile (più bassi anche del 40-50%) da quelli di riferimento. Il consulente ha eseguito la taratura sulle cabine in modo tale da avere uno standard di lavoro comune. Anche lo stato di usura dei componenti è stato controllato e si è proceduto alle dovute sostituzioni dei pezzi usurati.

Al termine di queste giornate di consulenza, gli operatori hanno espresso molti feedback positivi. Grazie alle riprese video del consulente all'opera durante l'esecuzione di diverse attività di manutenzione in cabina, è stato possibile stilare due procedure

operative da inserire nel sistema aziendale per gli interventi futuri in modo tale da avere una procedura standard per chiunque. Queste procedure sono state stilate insieme al responsabile della qualità della verniciatura, in maniera quanto più “visual” e semplice possibile per risultare semplici da leggere e da seguire punto dopo punto. Inoltre, è stata erogata ulteriore formazione su alcuni problemi pratici che si possono incontrare durante le attività quotidiane, tramite delle semplici schede didattiche consegnate a ciascun operatore.

I report settimanali sulla qualità hanno offerto un altro spunto per effettuare interventi di miglioramento. Infatti, per diverse settimane si è notato un numero elevato di difetti legati alla mancanza di vernice durante le operazioni di verniciatura eseguite nella cabina con il robot automatico. Investigando le cause del problema, ci si è resi conto che gli operatori non presidiavano costantemente il robot perché impegnati in altre attività nelle altre cabine di verniciatura. Quando la polvere a disposizione del robot terminava, gli operatori non riuscivano sempre ad accorgersene tempestivamente e, quindi, alcuni pezzi uscivano dal processo di verniciatura ancora allo stato grezzo, necessitando di ripetere l'intero ciclo. Un ulteriore problema nasceva da errori umani in fase di carico pezzi, dove non veniva associato un programma robot alla trave caricata, bloccando il robot di verniciatura in cabina perché rilevava i pezzi in transito ma non riceveva indicazioni in merito al programma da adottare. In Figura 4.9 viene proposta l'analisi sulla qualità effettuata.

02/11/22 – 23/12/22

Colore in O.P.	COL7035EPBK
Week (dichiarazione)	(più elementi)

Etichette di riga	Somma di kg per rivern.	Somma di scarti
VER	170,9	580,0
AMMACCATURE	0,0	13,0
COLATURA	2,9	9,0
DEFORMAZIONE DA LAVORAZIONE OFF.	0,0	12,0
IMPURITA'/DIFETTO DI VERNICIATURA	102,0	289,0
MANCANZA DI VERNICE		
137310487	12,8	40
137257057VE	5,5	11,0
137344109VE	4,5	10
137326051VE	0,9	3
137257060	0,8	2
137291165	0,4	6,0
137342413	0,3	8,0

Figura 4.9 Analisi della qualità

Va precisato che l'intervento di miglioramento è stato eseguito il giorno 23/12/2022 ed i risultati saranno visibili nella seguente Figura 4.10.

Si è preso in esame, in particolare, il colore 7035EPBK della scala RAL.

I kg totali di vernice necessari per la riverniciatura a causa della mancanza di polvere sono stati 25,2 ed i pezzi scartati 80. Inoltre, per impurità/difetti di verniciatura si vede che sono stati usati 102 kg di polvere per riverniciare e sono stati scartati in totale 289 pezzi.

Per risolvere il problema, insieme al consulente protagonista dei precedenti interventi si è analizzata la situazione e la soluzione identificata è stata quella di effettuare un aggiornamento di tutte le cabine di verniciatura e l'implementazione di una miglioria software

che vada a bloccare l'avanzamento delle travi in caso di mancanza di polvere e/o del programma per il robot di verniciatura.

L'intervento è stato programmato in coordinamento con le esigenze produttive ed è stato effettuato il giorno 23/12/2022.

Ad oggi, le nuove rilevazioni in termini di qualità sono riportate di seguito in Figura 4.10.

01/01/23 – 13/02/23		
Colore in O.P.	COL7035EPBK	
Week (dichiarazione)	(Tutto)	
Etichette di riga	Somma di kg per rivern.	Somma di Somma scarti
VER	37,0	171,0
ACCESSORIO MANCANTE	0,0	2,0
AMMACCATURE	0,0	17,0
DEFORMAZIONE DA LAVORAZIONE OFF.	0,0	1,0
IMPURITA'/DIFETTO DI VERNICIATURA	31,4	77,0
MANCANZA DI VERNICE		
137344109VE	3,2	7
137326231VE	1,4	3,0
137293653	1,0	1,0
137342729	0,1	3,0

Figura 4.10 Analisi della qualità post intervento

I kg totali di vernice necessari per la riverniciatura a causa della mancanza di polvere sono stati 5,7 (-77.4% circa) ed i pezzi scartati 14 (-82.5%). Inoltre, per impurità/difetti di verniciatura si vede che sono stati usati 31.4 kg di polvere per riverniciare (-69% circa) e sono stati scartati in totale 77 pezzi (-73.4%).

Si può affermare, dunque, che l'esito di questo intervento è decisamente positivo.

Un importante intervento illustrato di seguito è lo **SMED**. Questa attività, della quale è già stata fatta un'introduzione teorica nel capitolo 2, viene ora presentata dal punto di vista dell'applicazione pratica nelle cabine di verniciatura dell'azienda Comel.

Si è deciso di eseguire lo SMED perché è un'attività che, tramite la riduzione del tempo necessario per eseguire un setup, consente di raggiungere diversi obiettivi: aumenta la capacità produttiva riducendo i tempi di consegna al cliente, aumenta l'efficienza globale riducendo i costi di produzione, rende economicamente fattibile la produzione a piccoli lotti riducendo anche le scorte e, quindi, gli sprechi con i costi collegati.

La prima fase svolta consiste nel conoscere nel dettaglio la situazione AS IS in termini di tempi, attività svolte, movimentazioni e spostamenti. Per avere una conoscenza specifica del setup, sono state effettuate diverse videoregistrazioni degli operatori mentre lo effettuavano, cambiando di volta in volta le persone per capire se ci fossero differenze soggettive di esecuzione, data l'assenza di uno standard di riferimento.

Per avere un'idea precisa dei tempi necessari per eseguire il setup, si è fatto riferimento ai tempi rilevati dalle videoregistrazioni e ad una raccolta di dati eseguita fra l'anno 2021 ed il 2022, per una durata di 8 mesi. Questi dati sono stati analizzati tramite tabelle pivot in Excel per eliminare eventuali outlier ed hanno fornito i risultati riportati di seguito.

Il setup si divide in 2 tipologie principali che chiameremo A e B. la tipologia A è un tipo di setup più breve, la tipologia B è un setup più completo e, dunque, che richiede più tempo per essere svolto.

I dati, riferiti ad 8 mesi di lavoro, hanno restituito le seguenti tempistiche:

- Setup di tipo A: tempo medio di 18 minuti e fra i 30 ed i 40 setup a settimana eseguiti;
- Setup di tipo B: tempo medio di 22.5 minuti e mediamente 5 setup a settimana eseguiti.

È importante sottolineare che i tempi del setup andrebbero rilevati dalla verniciatura dell'ultimo pezzo del lotto precedente al setup fino al termine della verniciatura del primo pezzo del lotto successivo al setup, entrambi qualitativamente idonei. In questo caso, però, i tempi esulano dalla verniciatura dei pezzi finali ed iniziali dei due lotti per agevolare l'operazione agli operatori.

È stato stilato anche lo Spaghetti Chart per visualizzare lo stato delle movimentazioni e degli spostamenti nella situazione AS IS. Il risultato è visibile in Figura 4.11.

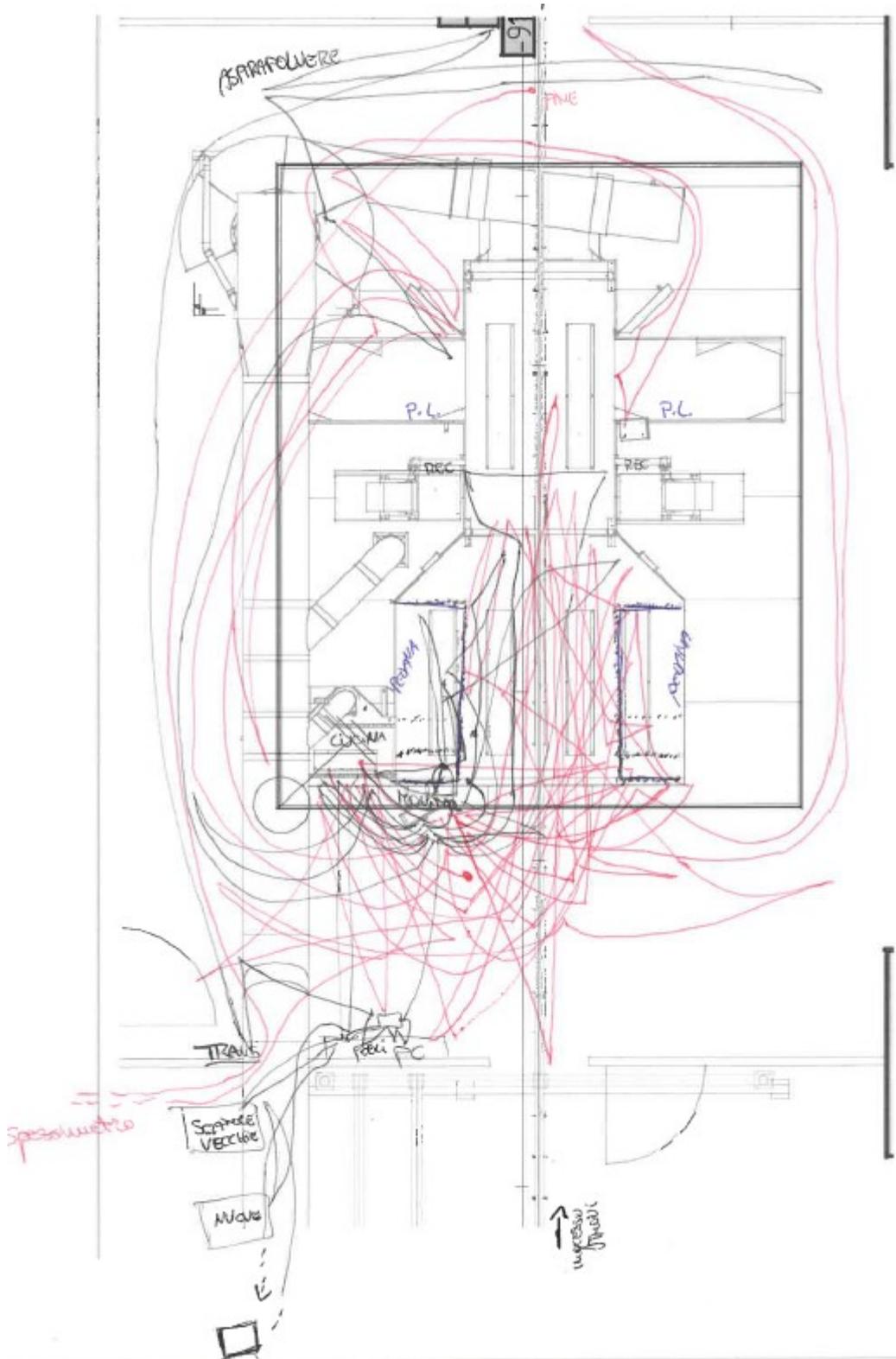


Figura 4.11 Spaghetti Chart AS IS

I due colori delle linee (rosso e nero) indicano i percorsi dei due operatori che hanno eseguito insieme il setup. Come si vede dall'immagine, c'è molta confusione negli spostamenti e questo, in ottica TO BE, è un aspetto sul quale si è cercato di lavorare per avere una suddivisione ottimale delle mansioni all'interno della procedura di cambio colore, anche per bilanciare le attività dei due operatori.

Dopo aver registrato alcuni setup, è stata eseguita un'analisi approfondita per capire nel dettaglio le operazioni eseguite, gli spostamenti degli operatori, gli utensili utilizzati e le postazioni dove questi venivano prelevati e riposti dopo l'utilizzo. Inoltre, si sono subito evidenziati gli sprechi (ad esempio, perdite di tempo dovute alle attese) e le criticità del procedimento. Infatti, dovendo soffiare la vernice (cioè, polvere) con aria compressa, è necessario fare molta attenzione alla direzione data ai flussi d'aria e verso quali zone è più opportuno soffiare. Un altro aspetto sul quale ci si è molto soffermati è quello della distinzione fra operazioni interne (IED) ed esterne (OED). Le operazioni interne devono essere eseguite a macchina ferma per dei vincoli di carattere operativo, tecnico (per esempio, non si può inserire nella zona di aspirazione una polvere di tonalità differente da quella in uso senza prima aver terminato di verniciare e, quindi, senza aver terminato la produzione). Le operazioni esterne, invece, possono essere eseguite mentre il macchinario è ancora in funzione (in questo caso, mentre la produzione, la verniciatura, è ancora in corso).

Di seguito, in Figura 4.12 si mostra l'impostazione del file Excel con il quale si sono eseguite queste analisi.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1											
2											
3											
4	cabina	3									
5	operatori	sopra la pedana									
6	TABELLA PER OPERATORE 1										
7											
8	seq	fase	operazione	tempo progressivo (inizio attività)	tempo progressivo (fine attività)	durata	operazione IED (interna)	operazione OED (esterna)	macrofase	attrezzatura	
9	1	ultimo pz	attesa per lavoro reciprocatori	00:00:00	00:00:32	00:00:32	X	X	1		proposte di miglioramento, annotazioni
10	2	ultimo pz	solleva parapetto e deposita pistola	00:00:32	00:00:43	00:00:11		X	1		può anticipare operazioni successive?
11	3	ultimo pz	monitor touch	00:00:43	00:01:11	00:00:28		X	1		
12	4	attrezzaggio	scende dalla pedana e va in cucina	00:01:11	00:01:21	00:00:10		X	2		si gira anche il monitor touch
13	5	attrezzaggio	prende lancia lunga e la usa per premere tasti sul monitor touch	00:01:21	00:01:31	00:00:10		X	2	lancia lunga	la pedana è rimasta in posizione elevata, quindi l'operatore non arriva al monitor senza usare la lancia lunga
14	6	attrezzaggio	si sposta in cucina	00:01:31	00:01:32	00:00:01		X	2		
15	7	attrezzaggio	controlla sacco polvere usata	00:01:32	00:01:47	00:00:15	X		2		(nel mentre, appoggia anche lancia lunga)
16	8	attrezzaggio	si sposta in zona computer e chiude polveri usate	00:01:47	00:02:16	00:00:29	X		2	laccio nero, cutter, nastro adesivo marrone	
17	9	attrezzaggio	operazioni al pc	00:02:16	00:02:27	00:00:11		X	2		
18	10	attrezzaggio	scrive su fogli di carta	00:02:27	00:02:36	00:00:09		X	2	penna	
19	11	attrezzaggio	porta scatola polveri usate fuori sul pallet	00:02:36	00:02:58	00:00:22	X		3		
20	12	attrezzaggio	prende transpallet elettrico e sposta pallet polveri usate	00:02:58	00:03:41	00:00:43	X		3	transpallet elettrico	ha portato le polveri fino alla fine della zona compresa tra i buffer
21	13	attrezzaggio	prende bancale di polveri nuove	00:03:41	00:04:03	00:00:22		X	3		
22	14	attrezzaggio	porta le polveri nuove vicino alla cabina sull'esterno	00:04:03	00:04:16	00:00:13		X	3		

Figura 4.12 File Excel per analisi SMED

Come si vede nell'immagine, tramite l'analisi in Excel sono state tratte informazioni sui tempi, categorizzato in OED ed IED, inserito note su eventuali fonti di spreco, suddiviso in macrofasi le operazioni per poter bilanciare meglio le operazioni fra i due operatori.

Purtroppo, ci si è resi conto che una gran quantità di attività sono necessariamente di tipo interno, sulle quali risulta difficile intervenire perché legate alle precedenze tecnologiche in fase di setup (questa è una ulteriore differenza con il nuovo impianto che, essendo innovativo tecnologicamente, non presenta questo vincolo). Tuttavia, è stato compiuto uno sforzo notevole per rendere esterne quante più operazioni possibili, anche grazie ad un confronto positivo con gli operatori stessi che hanno dato alcuni suggerimenti sulla base della loro esperienza.

Grazie a questa interazione propositiva, sono stati anche fatti realizzare dei prototipi di strumenti per velocizzare le operazioni di soffiaggio che sono in fase di test da parte degli operatori.

Le macrofasi principali del setup (fra tipologia A e tipologia B cambiano solamente i metodi di esecuzione) sono:

- Operazioni preliminari;
- Soffiaggio della “cucina”, cioè la zona dove si posiziona la polvere che viene aspirata ed utilizzata durante la produzione;
- Soffiaggio della cabina;
- Cambio della tonalità della polvere;
- Operazioni finali.

È stata posta molta attenzione alle fasi preliminari, al cambio della tonalità della polvere ed alle operazioni finali.

In particolare, ipotizzando che gli operatori lavorino sempre almeno in coppia, quando uno dei due termina di verniciare nella propria postazione inizia ad eseguire le operazioni preliminari che si possono svolgere mentre l'altro operatore termina a sua volta di verniciare. Per quanto riguarda le operazioni di soffiaggio, si è cercato di selezionare con cura le zone sulle quali intervenire e quelle che possono essere trascurate o, addirittura, che non devono essere sottoposte a soffiaggio per non rischiare di compromettere la qualità dei pezzi nelle cabine adiacenti a causa dell'elevata volatilità della polvere fine. Infine, le operazioni finali ora si cerca di eseguirle mentre i nuovi pezzi sono già in movimento verso la cabina per essere lavorati.

Tutti questi miglioramenti sono stati presentati agli operatori, testati e discussi insieme a loro e sono state svolte diverse revisioni della procedura, cercando di ottimizzare di volta in volta qualche aspetto.

Un tema sul quale si sta lavorando attualmente è quello del cambio di tonalità della polvere. Questa attività richiede di portare fuori dalla cabina il pallet con le scatole della polvere utilizzata, prelevare il pallet con le scatole della polvere necessaria per verniciare il nuovo lotto e portarla in cabina, eseguendo alcuni passaggi al gestionale. L'analisi in corso riguarda le movimentazioni perché si vorrebbe cercare di ridurle al minimo possibile.

Infatti, nell'ipotesi di eseguire 10 setup al giorno, sarebbe necessario percorrere una distanza media di 75 metri ogni volta, per un totale di 750 metri al giorno di movimentazioni spostando dei pallet che possono trasportare diverse centinaia di kg di polvere in scatola. In più, al tempo necessario per eseguire questi spostamenti va aggiunto il tempo impiegato per prelevare i pallet dal magazzino mediante un carrello

elevatore e il tempo necessario per risalire all'ubicazione corretta tramite il gestionale. Ciò crea sprechi durante l'esecuzione del setup o, in ogni caso, costringe un operatore ad interrompere le proprie attività per dedicarsi a queste.

L'idea in fase di analisi è quella di utilizzare i “dolly pallet” (esempio in Figura 4.13) collegati fra loro in modo tale che un operatore jolly, ad inizio giornata, possa predisporre tutti i pallet delle polveri già all'esterno delle cabine in una zona contrassegnata e dedicata.



Figura 4.13 Dolly pallet

Questo consentirebbe di eseguire un solo viaggio giornaliero, con il vantaggio che gli operatori potrebbero dedicare più tempo all'attività di verniciatura effettiva, unica attività a valore aggiunto.

Per cercare di rendere ancora più rapide le operazioni di soffiaggio e, allo stesso tempo, diminuire le possibili fonti di problemi in fase di setup sono state eseguite le 5S che saranno esposte in seguito.

La procedura che si sta creando è stata impostata in maniera “visual”, in modo tale che sia di facile e rapida lettura per gli operatori. Presenta una scaletta operativa intuitiva che deve essere seguita passo dopo passo, in successione. Le attività sono state bilanciate fra i due operatori in modo tale che non ci siano momenti di attesa reciproca. I test eseguiti

Come si nota, le movimentazioni si sono ridotte ed è stato dato un ordine logico negli spostamenti. I segmenti rossi indicano gli spostamenti di un operatore dal punto 0 (inizio del setup) al punto 1 (fine del setup). I segmenti verdi sono gli spostamenti dello stesso operatore per eseguire il controllo qualità dei primi pezzi del nuovo lotto di produzione. I segmenti blu, invece, indicano gli spostamenti del secondo operatore, partendo dal pallino blu numero 2 e terminando nel pallino blu numero 3.

In ottica futura (ad esempio, con l'implementazione dei dolly pallet) il miglioramento sarà ancora maggiore. Specialmente nel setup dell'impianto nuovo in fase di realizzazione, l'applicazione di questa tipologia di movimentazione risulterà fondamentale. Infatti, la distanza fra il magazzino delle polveri e l'ingresso delle nuove cabine di verniciatura sarà di circa 240 metri per ogni singolo viaggio (andata più ritorno). Di conseguenza, l'idea che un operatore possa percorrere questa distanza ad ogni setup non risulterebbe essere la migliore.

Lo SMED e l'interazione costante con gli operatori ha reso evidente la necessità di svolgere un'altra importante attività: le **5S**.

Le **5S** sono state presentate da un punto di vista teorico nel corso del capitolo 2 di questo lavoro di tesi, quindi ora si procederà con l'esposizione degli aspetti pratici di questa fondamentale attività.

Gli obiettivi principali in Comel erano quelli di creare un ambiente di lavoro migliore nelle cabine di verniciatura ed all'esterno di esse. Con "migliore" si vuole intendere avere degli spazi più puliti, liberi da eventuali impedimenti che rischiano di ostacolare le attività quotidiane

degli operatori. Inoltre, si vogliono creare delle zone dove ubicare tutti gli accessori e gli utensili necessari più di frequente, in modo tale che non si verificano sprechi in termini di tempi di attesa, spostamenti e movimentazioni superflui.

Il primo passo è stato quello di erogare una adeguata formazione agli operatori che avrebbero svolto le 5S. La lezione erogata si è concentrata sui motivi alla base di queste attività, gli obiettivi ed i punti fondamentali da conoscere per poter essere in grado di agire in maniera consona.

Dopodiché, è stata selezionata una giornata in cui la produzione fosse ferma (pausa natalizia) per poter svolgere le 5S in maniera ottimale, sfruttando l'aiuto delle diverse risorse presenti.

Anche i responsabili del progetto di miglioramento hanno svolto fisicamente queste attività insieme agli operatori per dimostrare che si tratta di un momento importante da effettuare con la massima attenzione.

Di seguito, vengono presentate diverse figure della situazione precedente all'esecuzione delle 5S.



Figura 4.15 Interno delle cabine



Figura 4.16 Esterno delle cabine



Figura 4.17 Esterno delle cabine 2



Figura 4.18 Esterno delle cabine 3



Figura 4.19 Esterno delle cabine 4

Come si nota, gli spazi erano abbastanza in disordine, diversi oggetti erano depositati senza una logica e gli interni delle cabine risultavano densamente occupati da mobili, computer, transpallet che non facilitavano le operazioni di pulizia durante il setup.

Nella prima fase delle 5S, ovvero “separare”, ci si è concentrati sul rimuovere dalle cabine di verniciatura tutto ciò che non fosse strettamente necessario per la produzione. Anche i computer sono stati spostati all'esterno delle cabine perché l'idea alla base era quello di

voler lasciare le cabine quanto più vuote possibile, in modo tale da rendere più agevoli e rapide le pulizie durante i setup, senza avere ostacoli che costringessero gli operatori a perdite di tempo inutili. Il risultato è visibile in Figura 4.20.



Figura 4.20 Interno delle cabine post 5S

All'esterno delle cabine, è stata eseguita una selezione molto rigida di tutti gli oggetti presenti ed è stato messo in evidenza tutto il materiale superfluo e/o non utilizzato che era presente nell'area, come si vede in Figura 4.21.

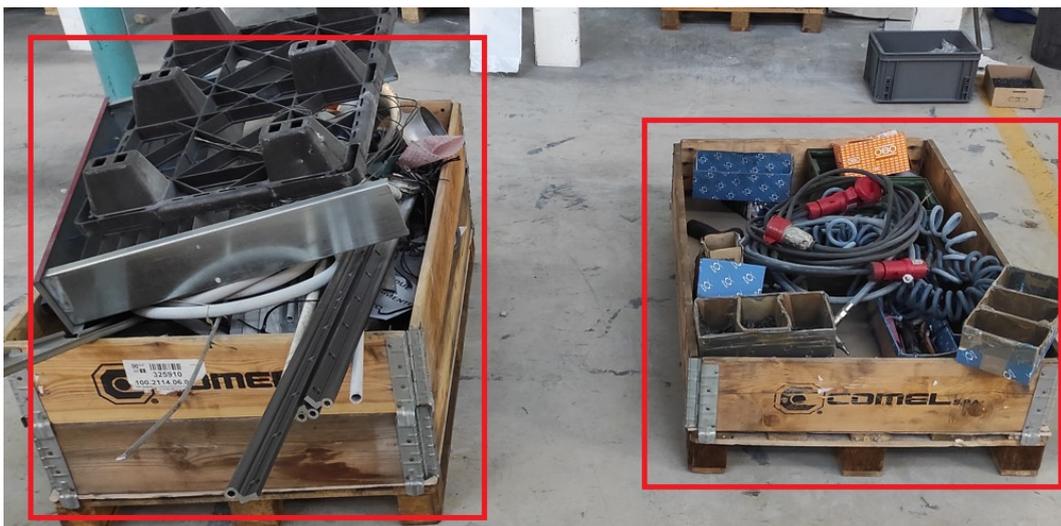


Figura 4.21 Materiale non utilizzato e/o superfluo

Dopo aver rimosso tutto il superfluo, si è proseguito pulendo tutto l'ambiente ed organizzando una lista di materiale ed accessori strettamente necessari per il lavoro quotidiano e le manutenzioni. Questa lista è stata successivamente inviata all'ufficio acquisti che ha provveduto all'acquisto. Prima di consegnarlo agli operatori, però, è in fase di realizzazione una postazione idonea con le cosiddette "shadow board" in modo tale che ogni oggetto abbia la sua precisa collocazione sia facile ed intuitivo, per gli operatori, il loro prelievo e deposito. In Figura 4.22 si presenta una "shadow board" utilizzata in un differente reparto produttivo per mostrare come si intende applicarla anche nel reparto di verniciatura.

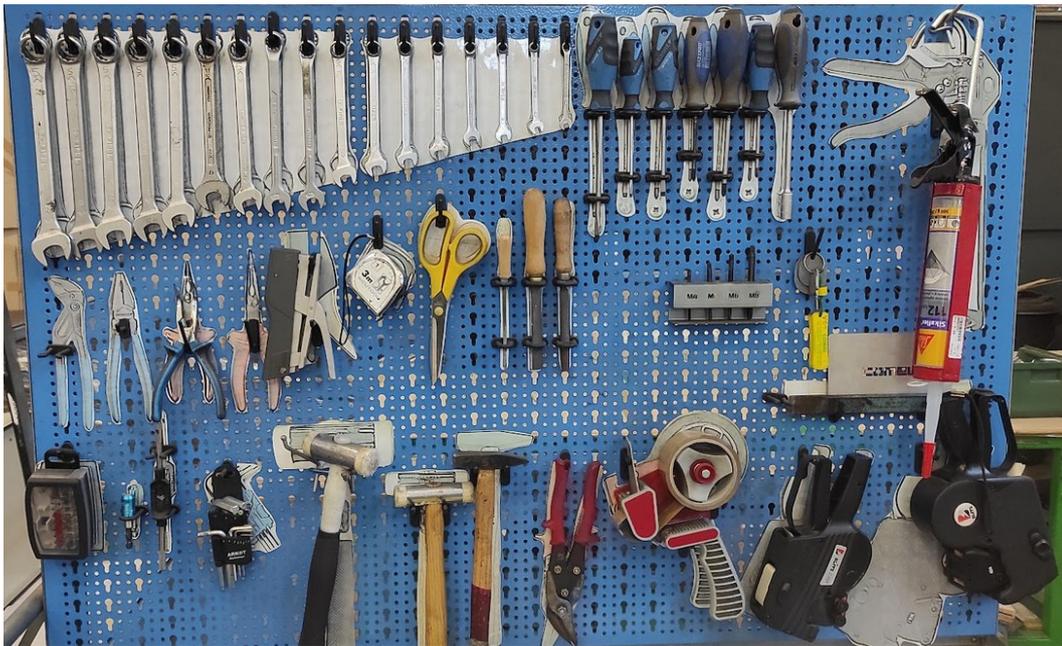


Figura 4.22 Shadow Board in Comel

Inoltre, insieme all'ufficio tecnico aziendale si stanno realizzando degli armadietti ed un carrello appositamente studiati per poter ubicare e

prelevare agevolmente gli utensili acquistati e gli accessori che possono essere utili durante le attività quotidiane.

Le zone esterne sono state ordinate e ripulite. Le zone interne sono state resinate a nuovo, le fughe del pavimento sono state sistemate in modo tale che la polvere non vi si accumuli più o non passi più dall'interno verso l'esterno delle cabine stesse. In questo modo, l'azione di soffiaggio con aria compressa non rischia di compromettere la qualità dei prodotti verniciati nelle cabine adiacenti, consentendo agli operatori di eseguire i setup in maniera più rapida ed agevole. In Figura 4.23 e 4.24 sono presentate le cabine dopo questi interventi di pulizia, molto più agibili per gli operatori.

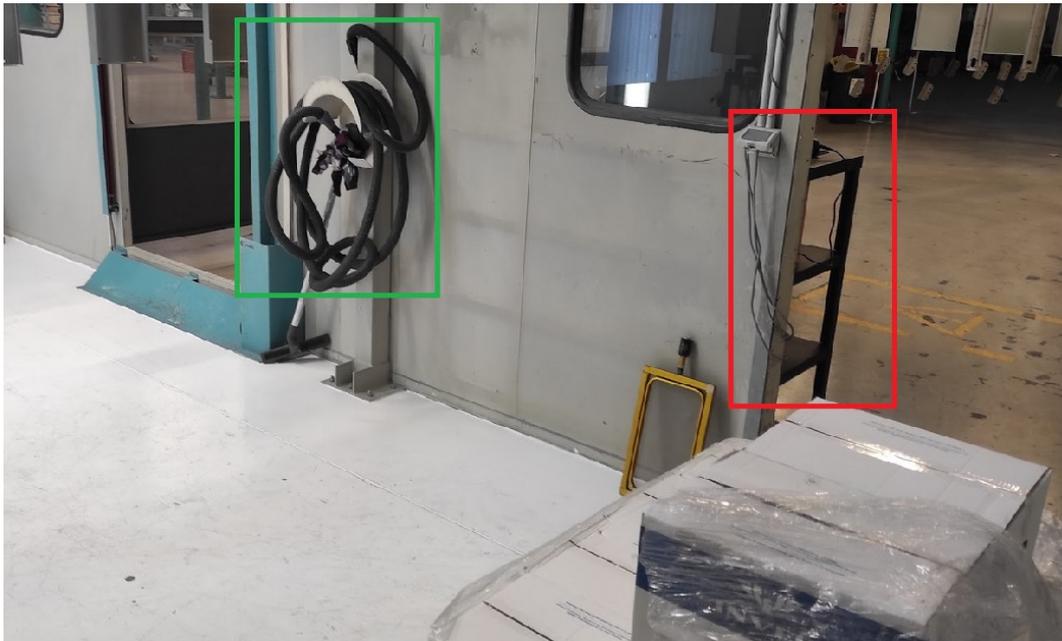


Figura 4.23 Interno cabina post pulizia 5S

Come si vede, il pavimento è stato resinato e pulito in modo tale che la polvere venga soffiata via più facilmente. Anche le pareti interne delle zone di verniciatura hanno subito lo stesso trattamento. Il riquadro rosso

indica il mobile del computer che è stato spostato all'esterno per non creare intralcio al lavoro degli operatori, mentre il riquadro verde indica alcuni lavori ancora in fase di esecuzione come la sistemazione di alcuni tubi attraverso appositi avvolgitori.



Figura 4.24 Fughe a pavimento post 5S

Questa figura, invece, rappresenta nel dettaglio una fuga importante nel pavimento che è stata chiusa con del materiale idoneo ad essere utilizzato in questi ambienti. Questa azione, seppur semplice, aiuta molto in termini di sicurezza nell'esecuzione del setup perché evita accumuli di polvere di diversa tonalità, molto volatili e potenzialmente pericolose per la qualità dei prodotti.

4.4 Conclusioni

Al termine di questo lavoro di tesi, i risultati raggiunti sono stati positivi per entrambi i progetti di miglioramento: analisi e progettazione del nuovo impianto di verniciatura ed ottimizzazione del processo attuale secondo i principi Lean.

I principali risultati sono riassunti di seguito.

1. Nuovo impianto di verniciatura:

- Capacità produttiva oraria aumentata (+18%);
- Flessibilità aumentata e possibilità di produrre lotti di quantità minori (EPE1xweek o EPE1x10giorni diventa EPE2xweek);
- Riduzione del 70% (almeno) del tempo di setup;
- Personale addetto alla verniciatura ridotto del 50-60%, con capacità produttiva aumentata;
- Lead time di attraversamento di due fasi più che dimezzato;
- Due fasi (verniciatura e montaggio) ora collegate a flusso;
- Due operatori del montaggio risparmiano circa 5.5 ore al giorno in termini di movimentazioni con carrello elevatore;
- Due operatori della verniciatura risparmiano circa 5 ore al giorno in termini di movimentazioni con carrello elevatore;
- Risparmio del 30-35% nel consumo di film estensibile manuale (bobine di nylon).

2. Processo di verniciatura attuale:

- Il personale ha ricevuto molta formazione sia dal punto di vista teorico e tecnico sulla verniciatura, sia dal punto di vista dell'ottimizzazione delle attività (5S, spiegazione degli obiettivi dello SMED);
- Cabine tarate in maniera ottimale da un consulente esterno (i valori differivano anche del 40-50% da quelli ottimali);
- Create procedure operative per standardizzare la manutenzione;
- Creato un nuovo programma per organizzare la produzione e che servirà in ottica futura per collegare meglio questa fase con le precedenti;
- Manutenzione organizzata tramite tabelle con tempistiche precise;
- Acquistato un ulteriore strumento per il controllo qualità;
- Qualità migliorata: -77% di kg di polvere usati per difetti dovuti da mancanza di polvere e -82% di pezzi scartati. Per impurità/difetti di verniciatura sono stati usati -69% di kg di polvere per riverniciare e -73% di pezzi scartati;
- Tempo del setup ridotto di circa il 20% con lo SMED in base ai test effettuati (attività da completare);
- Effettuate le 5S con i seguenti esiti:
 - Pavimentazioni e pareti interne delle cabine resinate;
 - Fughe del pavimento sigillate;
 - Cabine liberate da tutto il materiale superfluo per avere aree di lavoro sgombre;

- Acquistato nuovo materiale per le attività quotidiane e per effettuare le manutenzioni;
- Predisposizione di “shadow board” (in corso);
- Predisposizione di aree segnalate per gli strumenti del controllo qualità (in corso);
- Predisposizione di carrelli porta utensili (in corso).

Inoltre, sono state anche identificate analisi da eseguire in futuro come l'adozione dei Dolly Pallet per diminuire ulteriormente il tempo di setup e le movimentazioni.

BIBLIOGRAFIA

- Battini D., 2021, Slide delle lezioni, Insegnamento di Impianti Industriali, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Università degli Studi di Padova, AA. 2021/2022.
- Comel, 2022, Slide per formazione personale.
- De Toni, Panizzolo R., Villa A., *Gestione della Produzione*, Isedi, 2013.
- Panizzolo R., 2021, Slide delle lezioni, Insegnamento di Gestione Snella dei Processi, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Università degli Studi di Padova, AA. 2021/2022.
- Pavanato, 2021, Slide delle lezioni, Insegnamento di OPSL2, Incontro con Auxiell, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Università degli Studi di Padova, AA. 2021/2022.
- Rother M., Shook J., *Learning to see: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi*.
- Slack N., Brandon-Jones A., Danese P., Vinelli A., *Gestione delle Operations e dei Processi*, Pearson, 2019.

SITOGRAFIA

- Agilean, agilean.it
- Ctq, ctq.it
- De Camillis P., pdecamillis.com
- Design Index, designindex.it
- Detroit Free Press, eu.freep.com
- GCERTI ITALY, <https://www.gcerti.it/certificazioni-uni-en-iso-9001>
- INTERTEK, <https://www.intertek.it/certificazione-sistema/iso-14001/>
- Lean Tools, www.4lean.net
- LOGISTICAMENTE, logicamente.it
- MODICINA ONLINE, medicinaonline.co
- Psicologia del lavoro, <https://www.psicologiadellavoro.org/la-piramide-dei-bisogni-di-maslow>
- SALVAGNINI, <https://www.salvagnini.it/>
- Six Sigma Performance, sixsigmaperformance.it/muda
- Staufen, staufenitalia.it
- The Manufacturer, themanufacturer.com
- Treccani, Treccani.it
- Trumpf, https://www.trumpf.com/it_IT
- Wikipedia, https://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale