



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale
In Ingegneria Gestionale

**Lean manufacturing and digital transformation:
il caso EssilorLuxottica dello
stabilimento produttivo di Lauriano**

Relatore
Prof. Luca Settineri

Candidato
Matteo Di Ridolfi

Anno accademico 2023/2024

Indice

1. Introduzione al settore dell'occhialeria ed il ruolo di EssilorLuxottica.....	6
1.1. L'evoluzione degli occhiali: dalla loro origine al ruolo contemporaneo	6
1.2. Il settore industriale dell'occhialeria	7
1.3. EssilorLuxottica.....	10
1.3.1. L'evoluzione nel corso degli anni e i principali eventi chiave	10
1.3.2. Acquisizioni e Licenze	11
1.3.3. Strategie di business di EssilorLuxottica	14
1.3.4. Visione globale dell'azienda e stabilimenti produttivi nel mondo	17
1.3.4.1. Lo stabilimento produttivo di Lauriano.....	18
1.3.4.1.1. Il team di Manufacturing Engineering (ME).....	23
1.3.5. Il processo produttivo di un occhiale	24
1.3.5.1. Il processo produttivo di un occhiale in acetato	27
2. KPI industriali utilizzati in EssilorLuxottica	31
2.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	33
2.1.1. Esempio esplicativo calcolo OEE: l'Overall Equipment Efficiency in un centro produttivo della Ford	40
3. Digitalizzazione e Industria 4.0	42
3.1. I principi dell'Industria 4.0.....	43
4. Sistemi informativi aziendali	47
4.1. Famiglie di sistemi informativi (ERP & MES).....	48
4.2. Il sistema MES (Manufacturing Execution System)	54
5. I principi della Lean Production	58
5.1. I 7 sprechi	62
5.2. La metodologia 5S	76
5.3. La metodologia 5W + 1H	81
5.4. La metodologia Kaizen.....	82
5.5. Logiche produttive.....	86
5.5.1. Logica Push	89
5.5.2. Logica Pull.....	93
5.5.2.1. Kanban.....	94
5.5.3. Sistemi ibridi Push/Pull.....	96
5.5.3.1. La metodologia Drum – Buffer – Rope	97
6. Caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura	100
6.1. Glossario caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura	101

6.2.	La lavorazione di meniscatura	104
6.3.	Applicazione della metodologia Kaizen (PDCA)	107
6.4.	L'analisi	108
6.4.1.	Individuazione criticità.....	110
6.4.2.	Approfondimento gestione	113
6.4.3.	Catalogazione delle attrezzature	114
6.4.4.	Creazione del modello di ricerca su Microsoft Excel.....	116
6.5.	Pick to light Smiro System	118
6.6.	Risultati e conclusioni.....	130
7.	Caso studio: implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali	135
7.1.	Glossario caso studio: implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali	136
7.2.	L'area produttiva grezzo frontali	138
7.2.1.	Le lavorazioni analizzate.....	142
7.2.2.	Gestione della produzione AS-WAS	145
7.3.	Il sistema MES nell'area grezzo frontali	150
7.4.	Implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali.....	153
7.5.	Risultati e conclusioni.....	162
8.	Bibliografia.....	163

Fame, costanza, disciplina.

Ringraziamenti

Giunto alla conclusione di questo percorso, desidero ricordare ogni singolo momento e tutte le esperienze che mi ha fatto diventare la persona che sono oggi. Tre anni fa la grande città, Torino, una nuova casa, la mole ad indicarmi la strada verso nuovi orizzonti.

Al Politecnico di Torino per avermi messo a dura prova. Ringrazio il Prof. Settineri per la disponibilità dimostrata durante il percorso formativo e per avermi dato la possibilità di raccontare nel migliore dei modi il mio lavoro, la mia passione. Ringrazio i compagni di studio per avermi supportato e sopportato durante quelle infinite giornate chiusi in casa a preparare progetti ed esami, so che non è stato facile.

A Leonardo Del Vecchio, *leader* geniale ed affascinante. Ringrazio ogni singolo dipendente della grande famiglia di EssilorLuxottica, specialmente tutti i ragazzi e le ragazze del grezzo frontali, che hanno permesso il raggiungimento di traguardi così soddisfacenti, grazie per aver reso possibile tutto questo. Un ringraziamento speciale al team ME. Ad Alberto, per avermi trasmesso un'infinità di insegnamenti e per avermi guidato in questo percorso così importante. A Dario, collega, amico e *project leader* del progetto *pick to light* descritto nel primo caso studio. Ad Alessandro, spalla destra nella sfida di digitalizzazione dell'intero *plant*. Grazie per aver condiviso con me questa esperienza lavorativa.

Alla mia Famiglia, alla fiducia che avete sempre riposto in me.

A Papà e Mamma, il cucciolo si è fatto grande, ma casa è sempre casa.

A Marta, gemella diversa, sempre insieme.

A Giorgia, la mia dolce metà, bussola nella tempesta.

A me stesso, a quel ragazzo incompreso.

Matteo

Abstract

L'elaborato proposto è il risultato di un periodo di *stage* svolto presso l'azienda EssilorLuxottica, nello stabilimento produttivo di Lauriano (TO), leader mondiale nello sviluppo e nella manifattura di occhiali.

Gli obiettivi del lavoro riguardano l'applicazione delle tecniche di *lean manufacturing* attraverso l'introduzione di tecnologie innovative dell'industria 4.0, come il sistema *pick to light*, e l'implementazione di sistemi informativi come il MES (*Manufacturing Execution System*).

Durante le prime fasi ci si è concentrati sull'analisi e la mappatura delle attività svolte nel reparto produttivo, mirate ad evidenziare le principali criticità, gli sprechi e le possibili inefficienze.

È stato applicato il metodo *Kaizen* (PDCA), al fine di trasformare le criticità in opportunità di miglioramento. Quindi, utilizzando il metodo dei 5W + 1H, è stato descritto il problema ed è stata ideata ed eseguita una soluzione per raggiungere l'obiettivo stabilito e, dopo aver valutato gli impatti sui KPI, l'attenzione è stata rivolta all'implementazione di azioni correttive sulle soluzioni precedentemente sviluppate e alla standardizzazione dell'approccio per facilitarne l'applicazione in altri reparti.

Le attività sono state svolte principalmente in due aree dello stabilimento produttivo di montature di occhiali. Nell'area di meniscatura sono state effettuate analisi coinvolgendo attivamente gli operatori, con l'obiettivo di individuare le principali cause di inefficienza. Attraverso l'applicazione della metodologia RCA (*Root Cause Analysis*) è stata evidenziata la causa radice, che si può riassumere nella mancanza di un sistema strutturato di ricerca delle attrezzature, implicabile all'assenza di un database delle stesse, che causava un elevato tempo di ricerca.

Secondo la metodologia delle 5S, le attrezzature necessarie sono state separate da quelle superflue e sono state catalogate secondo un ordine preciso all'interno degli scaffali per facilitare le attività di prelievo. A seguito delle analisi sui fabbisogni, sono stati rimossi due dei quattro scaffali presenti nell'area di meniscatura ed è stata fatta pulizia rimuovendo tutte le etichette di carta presenti sui cassetti. Infine, sono state definite delle regole standard per il prelievo ed il deposito delle attrezzature. È necessario sostenere tutte queste attività, per cui tramite i report dei prelievi e gli *audit* periodici, i responsabili sono tenuti a verificare il rispetto delle procedure stabilite, oltre ad aggiornare le posizioni delle attrezzature secondo i nuovi volumi previsti nei fabbisogni aggiornati.

A seguito di una valutazione delle possibili alternative, la miglior soluzione si è concretizzata nello sviluppo di un sistema ad hoc, basato sulla tecnologia *pick to light*, creato appositamente per la casistica in esame. L'applicazione sviluppata ha permesso di implementare un metodo strutturato e di standardizzare il tempo necessario per questa attività indiretta.

Il secondo caso studio tratta la gestione della produzione nell'area del grezzo. Dalle analisi svolte è emerso che le principali inefficienze del reparto produttivo erano imputabili al flusso decisionale della produzione stessa, che era gestita tramite una logica di tipo *Push*.

Quindi, al fine di implementare una gestione della produzione secondo una logica di tipo *Pull*, si è reso necessario tracciare tutti gli ordini di produzione, con il dettaglio per singola fase di lavoro, per migliorare la schedulazione e la programmazione della produzione all'interno del reparto. Tale obiettivo è stato raggiunto tramite l'introduzione del sistema MES aziendale, strumento cruciale che ha consentito di migliorare l'efficienza dell'area definita *bottleneck* per l'intero reparto del grezzo. Il risultato e l'efficacia del lavoro sono stati riscontrati con un netto miglioramento degli indici di produttività, grazie alle nuove modalità di gestione ed organizzazione proposte.

1. Introduzione al settore dell'occhialeria ed il ruolo di EssilorLuxottica

Il seguente capitolo si propone di delineare il contesto produttivo in cui EssilorLuxottica opera, offrendo una panoramica dettagliata sull'azienda stessa. Tale analisi permetterà di approfondire le strategie di produzione, le logiche di business e le scelte aziendali adottate, consentendo una comprensione approfondita del suo ruolo nell'ambito industriale dell'occhialeria.

1.1. L'evoluzione degli occhiali: dalla loro origine al ruolo contemporaneo

L'enciclopedia Treccani (Treccani, 2014) definisce l'occhiale come uno “strumento ottico consistente in un mezzo trasparente fissato ad un sostegno, detto montatura, che lo mantiene in posizione opportuna dinanzi agli occhi. Può servire a compensare i difetti di rifrazione dell'occhio”.

Gli studi condotti dall'American Academy of Ophthalmology (Smith, J. P. III., 2022) indicano che l'invenzione degli occhiali potrebbe risalire ad un periodo compreso tra il 1268 e il 1289. Si narra che i primi occhiali siano stati inventati da un italiano e che consistessero in semplici lenti sferiche di vetro o cristallo, montate su un telaio di metallo o legno, senza alcun sostegno sul naso. Pur essendo rudimentali rispetto alla concezione attuale, rappresentavano un notevole progresso per l'epoca.

La produzione dei primi occhiali è stata attribuita all'area veneziana, dove gli artigiani erano rinomati per la maestria nella lavorazione del vetro. Ancora oggi, le principali aziende italiane nel settore dell'occhialeria sono concentrate in Veneto, in particolare nella provincia di Belluno, grazie ad un'eredità artigianale tramandata di generazione in generazione. Questa tradizione ha notevolmente contribuito a consolidare il tessuto industriale dell'occhialeria nella regione.

Inizialmente, gli occhiali erano uno strumento molto costoso, riservato ad una stretta cerchia di individui abbienti. Tuttavia, con il passare del tempo, il progresso tecnologico e la conseguente riduzione dei costi di produzione hanno reso tale accessorio accessibile ad un pubblico più ampio. La diffusione dell'occhiale è stata supportata da studi e sviluppi tecnologici che ne hanno migliorato la resistenza e la durabilità.

Dall'originale necessità di correggere difetti visivi e dall'esigenza di utilizzare gli occhiali principalmente come strumento medico e correttivo, nel corso dei secoli l'occhiale si è diffuso in tutto il mondo e si è introdotto il loro utilizzo anche nello sport o come accessorio di moda o simbolo iconico, come i famosi Aviator¹ nel celebre film Top Gun².

¹ “Uno dei modelli più iconici attualmente in circolazione, i Ray-Ban Aviator Classic sono occhiali da sole creati originariamente nel 1937 per i piloti americani. Aviator Classic è un modello senza tempo che unisce una straordinaria forma pilot con livelli altissimi di qualità, performance e comfort.” (Ray-Ban). Sono caratterizzati da una montatura squadrata e da lenti a goccia. Sono stati originariamente progettati per i piloti dell'aeronautica militare degli Stati Uniti negli anni '30, e sono stati progettati per fornire una protezione ottimale dai raggi UV e dal vento. (Ray-Ban, 2023)

² Gli occhiali Aviator sono un modello di occhiali da sole iconico, che hanno raggiunto la fama mondiale grazie al film Top Gun del 1986. Nel film, Tom Cruise interpreta Pete "Maverick" Mitchell, un giovane pilota della Marina degli Stati Uniti, che indossa gli occhiali aviator per tutta la durata del film.

1.2. Il settore industriale dell'occhialeria

Il settore industriale degli occhiali risulta essere uno dei settori più profittevoli nell'ambito finanziario globale. Negli ultimi anni l'andamento del mercato evidenzia una crescita costante anche grazie allo sviluppo tenace di nuove tecnologie, le quali consentono di soddisfare le esigenze dei clienti, riducendo i costi operativi.

Sebbene la maggior parte della produzione di occhiali si concentri in Asia per via dei costi contenuti della manodopera e della relativa facilità di approvvigionamento dei componenti e delle materie prime, l'Italia si afferma come leader mondiale nella produzione di occhiali di lusso per le prestigiose maison di alta moda, detenendo il 70% della quota di mercato dell'*eyewear* di fascia alta. Attualmente, il settore manifatturiero italiano registra risultati straordinari sia in termini di produzione e che di fatturato.

Nel 2022, l'industria italiana degli occhiali ha raggiunto un importante traguardo, superando i 5 miliardi di euro di fatturato, con una significativa crescita del 22% rispetto all'anno precedente. Le esportazioni di occhiali da sole e di montature rappresentano il *core business* della produzione italiana, costituendo circa il 90% delle entrate e superando i 4,5 miliardi di euro.

I dati del 2023 confermano il trend degli anni scorsi: per il primo semestre del 2023 si prevedeva una crescita dell'export che si attesti attorno all'8% rispetto allo stesso periodo del 2022.

Le previsioni future sull'intero settore dell'occhialeria globale indicano un fatturato stimato intorno ai 100 miliardi di dollari, solo per il 2023, segnalando una crescente vitalità del mercato (Casadei, C., 2023, Il Sole 24 Ore).

Dunque, le prospettive per il futuro del settore dell'occhialeria italiana sono positive. Il mercato mondiale dell'occhialeria è in crescita, e l'Italia è in grado di competere con successo grazie alla sua qualità e al suo stile unico e inconfondibile.

Tuttavia, le aziende italiane devono affrontare la sfida delle tecnologie innovative, principalmente provenienti dall'Asia, in particolare dal Giappone, Paese *leader* nella produzione di lenti oftalmiche grazie alla sua industria all'avanguardia. I costi della manodopera nel settore dell'occhialeria mostrano notevoli differenze tra i vari Paesi: in generale, quelli in via di sviluppo come Cina, India e Thailandia vantano costi del lavoro inferiore.

Il competitivo costo della manodopera nei Paesi Orientali rappresenta una sfida significativa per la produzione europea, in particolare quella italiana, la quale è chiamata a rispondere, proponendo prodotti di eccellenza, sfruttando al massimo il proprio *know-how* e la qualità distintiva.

È proprio il "*Made in Italy*³", che contraddistingue i prodotti realizzati in Italia dal resto del mondo, con una attenta cura ai dettagli e il richiamo alla tradizione manifatturiera del Paese.

Un ulteriore fattore di distinzione nel mercato dell'*eyewear* del lusso è da attribuire alla creatività del design e alla storia della moda, profondamente radicata a Milano, celebre in tutto il mondo. In Italia, la metà dei maggiori produttori con licenza occupa una posizione significativa, rappresentando il 50% della produzione mondiale di licenze ed il 25% del mercato complessivo.

³ Espressione utilizzata, a partire dagli anni 1980, per indicare la specializzazione internazionale del sistema produttivo italiano nei settori manifatturieri cosiddetti tradizionali (Di Tommaso, M.R., & Rubini, L., 2012).

Il settore globale dell'*eyecare* e dell'*eyewear* è valutato oltre 100 miliardi di euro (prezzo al consumatore), con una crescita prevista a medio termine, stimata per il prossimo futuro.

Il settore comprende cinque segmenti (vedi Figura 1): lenti da vista (41%), montature per occhiali (27%), lenti a contatto (15%), occhiali da sole (14%) e occhiali da lettura (3%). La domanda di prodotti ottici si è rivelata costantemente elevata e si prevede che rimarrà strutturalmente forte, poiché alimentata da una popolazione che invecchia, dall'aumento di miopia⁴ e presbiopia⁵ e dalla crescente necessità di correzione della vista dovuta al fatto che i consumatori trascorrono più tempo davanti ai dispositivi digitali, fenomeno comune tra tutte le fasce d'età.

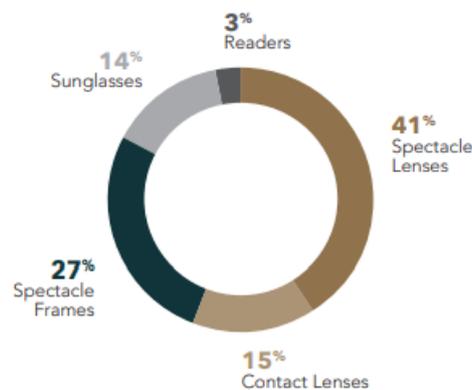


Figura 1 - Il settore dell'*eyecare* e dell'*eyewear*, valore al dettaglio per categoria di prodotto nel 2022
(Fonte: EssilorLuxottica and Euromonitor data, 2022)

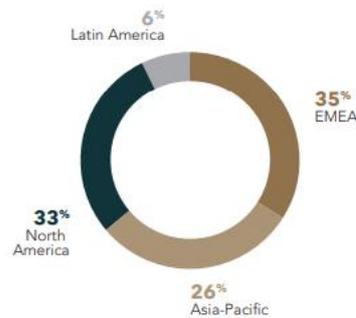
⁴ Vizio di rifrazione dell'occhio, dovuto ad abnorme curvatura della cornea o del cristallino o allungamento dell'asse anteroposteriore dell'occhio, per cui i raggi luminosi provenienti da oggetti a grande distanza vanno a fuoco su un piano anteriore alla retina, sulla quale invece si formano immagini sfocate e diffuse (Treccani, 2010)

⁵ Allontanamento progressivo, legato all'età, del punto prossimo, la distanza minima alla quale l'occhio, esercitando il massimo sforzo accomodativo, è ancora in grado di vedere distintamente gli oggetti (Treccani, 2010)

Negli Stati Uniti, il settore dell'*eyecare* e dell'*eyewear* continua a detenere la posizione di mercato nazionale più grande, mentre nell'EMEA, Francia, Germania e Regno Unito emergono come i Paesi più rilevanti (vedi Figura 2).

Tra i mercati in via di sviluppo, come la Greater China, dinamiche demografiche, come l'aumento della miopia e del reddito disponibile, innescano una tendenza al *premium* nel settore dell'*eyewear*. La pandemia ha catalizzato la digitalizzazione del settore, con l'*e-commerce* che rappresenta ora oltre l'8% del valore globale, con una variazione significativa nella penetrazione digitale tra i diversi segmenti di prodotto. Questo ha reso lo shopping online, l'*eyecare* a distanza e la telemedicina pronti a compiere ulteriori progressi.

Eyecare and eyewear industry, 2022
retail value by region⁽¹⁾



Top 10 countries by retail value

- | | |
|-----------------|------------------|
| ① US | ⑥ UNITED KINGDOM |
| ② GREATER CHINA | ⑦ ITALY |
| ③ FRANCE | ⑧ BRAZIL |
| ④ GERMANY | ⑨ CANADA |
| ⑤ JAPAN | ⑩ INDIA |

Figura 2 - Il settore dell'*eyecare* e dell'*eyewear*, valore per area geografica nel 2022
(Fonte: EssilorLuxottica and Euromonitor data, 2022)

1.3. EssilorLuxottica

Luxottica Group S.p.A. è un'azienda italiana specializzata nella produzione e nel commercio di occhiali.

Presente in oltre 150 paesi nei cinque continenti, è la più grande produttrice mondiale di montature per occhiali da vista e da sole. Nel 2018, a seguito della fusione con la multinazionale francese Essilor, la quale produce e commercializza lenti oftalmiche e apparecchiature ottiche, l'impresa ha completato l'operazione di integrazione verticale più importante nel settore dell'occhialeria.

Dalle pendici delle Dolomiti alla vetta dell'industria degli occhiali, ripercorrendo gli eventi chiave che hanno contribuito alla nascita e all'evoluzione dell'azienda leader mondiale dell'occhialeria: Luxottica, oggi EssilorLuxottica.

1.3.1. L'evoluzione nel corso degli anni e i principali eventi chiave

Fondata nel 1961 da Leonardo Del Vecchio ad Agordo, un piccolo paese nel Veneto, in Italia, inizialmente l'azienda produceva componenti e montature per occhiali da sole. Durante gli anni '70, grazie a partnership ed acquisizioni strategiche, è stato intrapreso un percorso di espansione, un cammino che ancora oggi prosegue senza sosta, mai concluso.

Il punto di svolta è stato l'approdo nel mercato statunitense, con l'acquisizione di catene di negozi di occhiali come LensCrafters e Sunglass Hut. Tale mossa è stata seguita dalla quotazione iniziale sul mercato azionario americano. Solo nel 1990, è avvenuta la successiva quotazione alla borsa di Milano, con l'intento di attrarre capitali da parte di stakeholder esterni, interessati e disposti ad investire nel progetto.

La continua crescita dell'azienda è stata segnata anche dall'acquisizione dei marchi di occhiali più iconici tra cui Ray-Ban, Oakley, Vogue Eyewear, Persol e Alain Mikli. Oggi, il gruppo detiene un portafoglio di oltre 70 marchi, alcuni dei quali sono fra i più rinomati e prestigiosi al mondo.

L'espansione della produzione va di pari passo con lo sviluppo del settore retail, grazie all'acquisizione di diverse catene di negozi. Nel 2015, Luxottica ha stretto un accordo esclusivo con Macy's, uno dei principali player della grande distribuzione del Nord America, per inaugurare punti vendita LensCrafters all'interno dei grandi magazzini Macy's negli Stati Uniti nel triennio 2016-2018. Tale accordo ha consolidato la presenza di Luxottica nel segmento dei *department store*, estendendo una proficua collaborazione già avviata con Macy's attraverso l'apertura di negozi Sunglass Hut. In Italia, nel 2016, Luxottica ha acquisito il controllo di Salmoiraghi & Viganò, di cui già deteneva una quota minoritaria dal 2012.

Nel 2018, Luxottica ha annunciato la fusione con Essilor, dando vita ad una nuova era e creando così il *leader* globale nel settore della cura della vista, con un fatturato superiore ai 20 miliardi di euro e più di 190.000 dipendenti in tutto il mondo. L'integrazione tra le due aziende ha permesso di creare un'impresa con una gamma di prodotti e servizi più completa ed integrata, in grado di offrire sia lenti oftalmiche che montature per occhiali, sia da vista che da sole. Tale combinazione di competenze ha permesso di offrire ai consumatori una soluzione completa per la cura della vista, migliorandone la posizione competitiva. L'azienda ha consolidato la sua *leadership* nel mercato delle montature per occhiali, dove era già *leader* mondiale, e ha rafforzato la sua presenza nel mercato delle lenti oftalmiche, dove è uno dei principali attori.

Il dominio sul mercato dell'occhialeria deriva dalla capacità di creare sinergia tra qualità, stile ed innovazione, mediante un costante impegno nello studio e dalla continua ricerca di nuove opportunità e prospettive. L'industria della moda costituisce una delle principali fonti d'ispirazione per la creazione di design sempre più accattivanti e ricercati. Le collaborazioni con prestigiosi brand di alta gamma contribuiscono a definire le tendenze degli occhiali, conferendo loro un'aura di stile e status.

EssilorLuxottica è una società che pone una forte enfasi sulla ricerca e sviluppo, sulla sostenibilità e sulla responsabilità sociale d'impresa, investendo in modo continuo in nuove tecnologie e materiali, cercando, allo stesso tempo, di diminuire l'impatto ambientale delle proprie attività e di favorire pratiche etiche lungo la catena di approvvigionamento. La costante dedizione nell'innovazione ha portato a miglioramenti significativi nella qualità delle lenti e delle montature degli occhiali. Un esempio concreto di tale impegno si materializza nell'innovativo occhiale smart, recentemente lanciato sul mercato, in grado di armonizzare con successo moda e tecnologia avanzata, riflettendo al meglio l'identità aziendale stessa.

“L'evoluzione di Luxottica nel corso degli anni è stata guidata da una visione imprenditoriale audace, dall'approccio verticale integrato e da una strategia di acquisizione mirata. L'azienda ha influenzato significativamente l'industria degli occhiali a livello globale e ha mantenuto una posizione di leadership nel settore. La fusione con Essilor è stato un ulteriore passo in avanti nella sua evoluzione e nell'espansione delle sue attività nell'ambito dell'ottica e della vista.”

1.3.2. Acquisizioni e Licenze

Le licenze e le acquisizioni sono due strategie di mercato che possono essere sfruttate dalle aziende per poter espandere il proprio business. Tali approcci risultano particolarmente rilevanti nell'ambito della moda e dell'occhialeria, consentendo la creazione di prodotti per uno specifico brand.

L'enciclopedia Treccani (Treccani, 2012) definisce l'acquisizione una operazione di finanza aziendale, mediante la quale un'impresa diventa proprietaria o entra come controllante di un'altra (M&A, *Merger & Acquisition*⁶). È una delle strategie più diffuse nel settore dell'occhialeria, poiché offre all'azienda acquirente l'opportunità di ampliare rapidamente il proprio portafoglio attraverso marchi e prodotti acquisiti. Noti esempi di tale pratica includono le acquisizioni storiche di brand come Ray-Ban, Oakley o Persol.

Oltre all'espansione del portfolio, le acquisizioni possono consentire all'azienda acquirente di accedere a nuove tecnologie o competenze, come dimostrato dall'acquisizione nel 2019 da parte di EssilorLuxottica dell'azienda Barberini⁷.

In merito alla licenza, la sua definizione ed importanza nel settore dell'occhialeria possono variare a seconda della tipologia e della natura dell'attività coinvolta. È importante comprendere i dettagli specifici di qualsiasi tipo di licenza nel contesto in cui viene applicata.

⁶ L'attività di M&A, fortemente indotta dal processo di globalizzazione economica, è funzionale al processo di crescita ed espansione delle imprese e favorisce la nascita di grandi gruppi aziendali come risposta alla ricerca di maggiore competitività sui mercati internazionali (Treccani, 2012).

⁷ L'azienda Barberini, società italiana fondata nel 1920 a Città Sant'Angelo, in provincia di Pescara, è uno dei principali produttori di lenti oftalmiche in vetro ottico in Europa. L'azienda ha un'ampia gamma di prodotti, che comprende lenti monofocali, bifocali, progressive e lenti a contatto, progettate per offrire il massimo comfort e la migliore prestazione.

La licenza di produzione è l'accordo esplicito tra un produttore di occhiali ed un'altra organizzazione che desidera utilizzare il marchio, il design e la tecnologia del produttore stesso per fabbricare e vendere gli occhiali. Si fa riferimento anche alla licenza intesa come l'autorizzazione ad usufruire di un marchio di un'altra azienda sui propri prodotti (Cirone, L., 2023).

Nel settore dell'occhialeria, le licenze di marchio permettono di impiegare i nomi distintivi delle rinomate case di moda, come Prada, Ralph Lauren, Burberry, e altri, sui propri prodotti. Un esempio recente è rappresentato dall'accordo esclusivo del 22 novembre 2023, siglato tra Moncler ed EssilorLuxottica (EssilorLuxottica & Moncler., 2023), che riguarda il design, la produzione e la distribuzione globale di occhiali da sole e montature da vista Moncler.

Dunque, le principali differenze tra queste due strategie riguardano l'investimento richiesto in termini di ricerca, sviluppo e tecnologie produttive: nel caso di acquisizione il controllo viene assunto dall'azienda acquirente, mentre in caso di licenza l'azienda licenziataria ha "solamente" il diritto di utilizzare il marchio o la tecnologia dell'azienda licenziante, ma non ha il controllo su tali beni.

Grazie a tali approcci, all'inventiva, alla visione unica e alla maestria artigianale, negli ultimi decenni, EssilorLuxottica ha contribuito a rendere l'occhialeria una categoria a sé stante. Da un dispositivo medico necessario per migliorare la vista, le montature si sono trasformate in un accessorio desiderabile di alta moda, guadagnando una notevole rilevanza tra i consumatori, poiché permettono di esprimere la propria personalità e rafforzare la fiducia in se stessi.

Il Gruppo offre occhiali esclusivi, vantando un portafoglio ineguagliabile che include marchi quali: Ray-Ban, Oakley, Persol, Oliver Peoples, Vogue Eyewear, Arnette, Alain Mikli, Costa, Native Eyewear e Bolon. Fanno parte della famiglia EssilorLuxottica anche prestigiosi marchi su licenza, tra cui Giorgio Armani, Brunello Cucinelli, Bulgari, Burberry, Chanel, Coach, Dolce&Gabbana, Ferrari, Michael Kors, Prada, Ralph Lauren, Starck Biotech Paris, Swarovski, Tiffany & Co., Tory Burch e Versace (*vedi Figura 3*).



Figura 3 - Marchi gestiti da EssilorLuxottica nel 2022
 (Fonte: EssilorLuxottica, 2022)

1.3.3. Strategie di business di EssilorLuxottica

EssilorLuxottica vanta oltre 170 anni di innovazione pionieristica, eccellenza operativa, spirito imprenditoriale e prospettiva internazionale, valori che rispecchiano la guida del fondatore Del Vecchio.

STRATEGY	
Vision care	<i>We create cutting-edge vision solutions aimed at correction, protection and prevention</i>
Open model	<i>We share our assets as a network company</i>
Vertical integration	<i>We cover each and every step of the value chain</i>
Entrepreneurship	<i>We take decisions faster thanks to our entrepreneurial mindset</i>
Innovation	<i>We raise the bar for the benefit of the entire industry</i>
Quality	<i>We differentiate on product and service quality at every price point</i>
Sustainability	<i>We keep our «Eyes on the Planet»</i>

Figura 4 - Strategie di business di EssilorLuxottica
(Fonte: EssilorLuxottica, 2022)

EssilorLuxottica raggiunge la sua missione attraverso un modello di business verticalmente integrato che copre ogni singolo passaggio del processo di creazione di valore, con un notevole focus sull'eccellenza manifatturiera, sul servizio e su una presenza geograficamente diversificata. Questo approccio offre maggiore efficienza, flessibilità e velocità nella progettazione dei prodotti, nell'ingegneria, nella produzione, nella catena di fornitura e nella logistica, nonché una qualità senza compromessi, combinando le esperienze complementari di due pionieri dell'industria: uno specializzato nelle tecnologie avanzate delle lenti e l'altro nella maestria artigianale degli occhiali iconici.

Tale sinergia offre una gamma di soluzioni senza precedenti sia per i consumatori che per i professionisti dell'*eyecare*, ponendo la qualità dei prodotti e dei servizi come elemento distintivo.

Il modello di business adottato dall'azienda rappresenta la visione avanguardistica del fondatore di Luxottica, Leonardo Del Vecchio. Egli comprese il potenziale di una strategia di integrazione verticale quando decise di non limitarsi a produrre solo i componenti, ma iniziò a realizzare intere montature.

La progressiva integrazione verticale della produzione è stata gradualmente affiancata dallo sviluppo della distribuzione: inizialmente attraverso soluzioni professionali, seguite nel 1995 dall'approccio diretto al consumatore fisico (*direct to consumer*) e successivamente con l'*e-commerce*. L'unione tra Essilor e Luxottica nel 2018 ha dato vita ad un'entità completamente integrata nel settore dell'occhialeria, riunendo lenti e montature all'interno di una stessa realtà.

Il modello di business adottato (vedi Figura 5) si caratterizza per essere aperto e non esclusivo (rete aziendale), generando valore per una vasta gamma di *stakeholder*, inclusi clienti, consumatori, dipendenti, azionisti, partner commerciali e fornitori, oltre alle comunità in cui opera. Tale modello di business è in linea con le principali attività commerciali del Gruppo, fornendo una centralizzazione

mirata quando richiesto, specialmente per i marchi globali di montature e banner al dettaglio, e una maggiore decentralizzazione per le lenti da prescrizione, adattate alle esigenze individuali dei pazienti a livello locale.

L'impresa supervisiona ogni aspetto della sua attività di lenti, dallo stabilimento di produzione ai laboratori di prescrizione fino ai punti vendita di *eyecare*, con un'impareggiabile capacità di gestire simultaneamente i flussi sia di lenti a magazzino (lenti finite completate negli stabilimenti di produzione) che di lenti da prescrizione personalizzate (lenti semifinite prodotte negli stabilimenti e inviate ai laboratori di prescrizione per la lavorazione superficiale ed i rivestimenti).

Il controllo diretto dell'intera piattaforma di produzione consente di verificare la qualità sia dei prodotti che dei processi, introdurre innovazioni, identificare sinergie e nuovi metodi operativi, ed ottimizzare il servizio, la qualità ed i costi. La distribuzione diretta consente ad EssilorLuxottica di offrire i suoi prodotti nei principali mercati maturi ed emergenti e di ottenere una comprensione unica delle esigenze e dei gusti dei consumatori sia a livello globale che locale. Questa capacità è vista come un punto di forza dalle case di moda che si rivolgono al Gruppo per produrre le loro collezioni di occhiali ed accedere alla capillare rete di distribuzione globale.

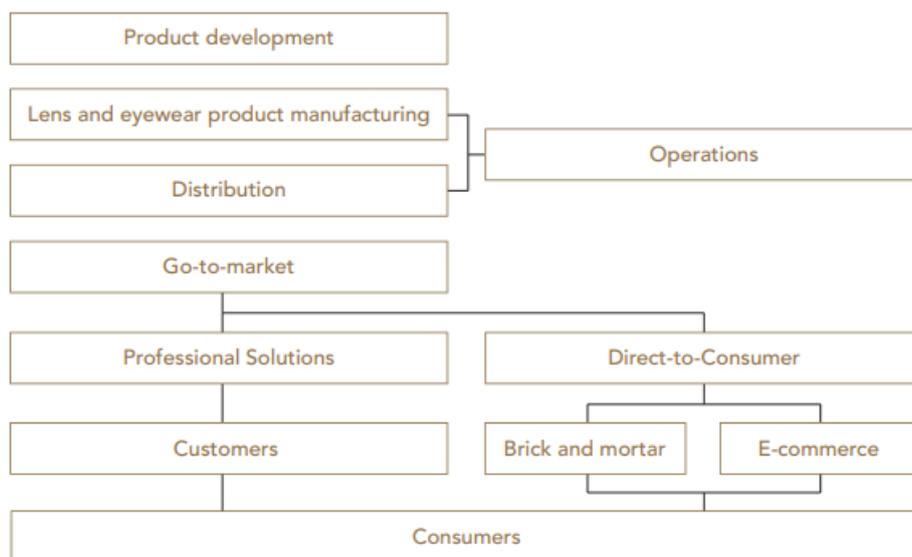


Figura 5 - Il modello di Business di EssilorLuxottica
(Fonte: EssilorLuxottica, 2022)

EssilorLuxottica si distingue in tutto il mondo per i pilastri che caratterizzano il suo modello di business:

- **Impronta globale:** la presenza geografica degli impianti di produzione e di logistica di EssilorLuxottica, delle reti di distribuzione e del capitale umano è ben equilibrata e diversificata nei Paesi in cui opera la società, proteggendola dalla volatilità nelle singole aree economiche.
- **Marchi famosi in tutto il mondo:** EssilorLuxottica vanta un portafoglio di oltre 150 marchi rinomati che abbracciano diverse categorie, dalle montature alle lenti, fino agli strumenti, dalla distribuzione fisica e digitale a quella di fascia media e premium. Tra questi figurano alcuni dei marchi più riconosciuti del settore, la cui *equity* è protetta da forti investimenti per combattere i prodotti contraffatti ed il mercato parallelo.
- **Go-to-market completo:** EssilorLuxottica ha implementato una strategia di *go-to-market* multicanale completa, che include soluzioni professionali, *direct to consumer* fisiche ed e-commerce, nonché modelli inclusivi di ultimo miglio. La distribuzione di soluzioni professionali rimane cruciale nel mercato ancora molto frammentato dell'*eyecare* e dell'*eyewear*, mentre attraverso le sue piattaforme *direct to consumer* l'azienda acquisisce preziose informazioni sulle esigenze, i comportamenti e le preferenze dei consumatori finali.
- **Capacità di innovazione uniche:** lo spirito innovativo e l'ambizione verso l'eccellenza sono al centro delle aspirazioni del Gruppo. EssilorLuxottica ha costruito una potente rete globale di *R&S*⁸ supportata da comunità scientifiche, industriali ed accademiche. L'investimento in tecnologie innovative e all'avanguardia consente di migliorare la produttività. La parola d'ordine in un mercato così fluttuante ed esigente è sicuramente: flessibilità. È fondamentale prevedere il futuro per farsi trovare sempre pronti ai cambiamenti del mercato ed affrontare le sfide come "*first mover*" per cogliere le opportunità e trasformarle in vantaggi competitivi.
- **Distribuzione capillare:** EssilorLuxottica opera con un modello di business verticalmente integrato che gestisce direttamente ogni singolo passaggio del processo di creazione di valore, dallo sviluppo e produzione del prodotto alla vendita diretta al consumatore finale. Bilanciando velocità, efficienza e prossimità, la società gestisce una catena di approvvigionamento globale basata sulla centralizzazione per le montature e su una rete capillare per la finitura delle lenti e dei laboratori di prescrizione. La presenza in oltre 180 paesi del mondo, con negozi in posizioni strategiche consentono di raggiungere un ampio bacino di acquirenti. La visione di Leonardo del Vecchio è sempre stata lungimirante: fin dai suoi primi passi nell'imprenditoria aveva capito che era necessario rivolgersi direttamente ai consumatori finali per poter ottenere un notevole margine di profitto. Quest'idea si è concretizzata attraverso l'acquisizione delle principali catene di distribuzione sia in America che in Italia. Una mossa strategica che ha contribuito notevolmente alla diffusione e al riconoscimento globale dei marchi Luxottica.
- **Mission:** EssilorLuxottica risponde alle crescenti esigenze visive del mondo con un ampio portafoglio di prodotti innovativi accessibili a tutti, ovunque. Combinando il suo *expertise* nella tecnologia delle lenti e nella produzione di occhiali, un portafoglio di marchi amati dai consumatori ed una rete di distribuzione globale, EssilorLuxottica consente agli individui in tutto il mondo di "vedere meglio e vivere meglio".

⁸ Ricerca e sviluppo (R&S): complesso di attività creative intraprese in modo sistematico sia per accrescere l'insieme delle conoscenze (ivi comprese quelle relative all'essere umano, alla cultura e alla società) sia per utilizzare tali conoscenze per nuove applicazioni (Sirilli, G., 1994).

- **Sostenibilità:** EssilorLuxottica ha posto al centro del proprio impegno il perseguimento di un programma integrato e proiettato verso il futuro di responsabilità sociale d'impresa denominato “*Eyes on the Planet*”. Tale programma si focalizza sull’idea di fare del bene ai clienti, consumatori e comunità, preservando e tutelando contemporaneamente il pianeta. Il piano strategico del Gruppo definisce la sua visione e strategia per la sostenibilità, includendo impegni come la neutralità carbonica, la circolarità, la brand image, l'inclusione e l'etica.

EssilorLuxottica è oggi un'organizzazione unificata, completamente integrata e solida, con chiare responsabilità trasversali alle sue funzioni e aree geografiche. Il cuore pulsante dell’azienda sono le sue persone, che danno vita alle risorse del Gruppo. Una comunità di circa 190.000 dipendenti qualificati e impegnati lavora insieme senza sosta per rendere l'azienda migliore ogni giorno. La diversità è una priorità assoluta: il 61% dei dipendenti totali è rappresentato da donne. L'azienda si impegna ad attrarre i migliori talenti coinvolgendo i suoi dipendenti a livello globale con iniziative innovative per il benessere personale e la promozione continua della salute e della sicurezza sul lavoro, nonché offrendo ampi programmi di formazione e sviluppo.

Grazie a tali pilastri distintivi, EssilorLuxottica è in una posizione unica per guidare l'evoluzione e la crescita dell'industria globale a beneficio di tutti i suoi *stakeholder*, rendendo il suo business redditizio e sostenibile nel lungo termine.

1.3.4. Visione globale dell’azienda e stabilimenti produttivi nel mondo

EssilorLuxottica vanta una presenza globale nella produzione di occhiali, con sei stabilimenti in Italia, che costituiscono il fulcro della produzione di lusso del Gruppo. Queste strutture coniugano la tradizione dell'alta artigianalità italiana con la velocità e l'efficienza dell'automazione moderna. Cinque di esse si trovano nel Nordest d’Italia, dove è concentrata gran parte dell'industria dell'occhialeria italiana, e una a Lauriano, in provincia di Torino (*vedi Figura 6*). Questi stabilimenti rappresentano circa il 40% della produzione globale di EssilorLuxottica e sono specializzati in collezioni di lusso e marchi di alta gamma.



Figura 6 - Global eyewear network: gli stabilimenti produttivi di montature nel Mondo
(Fonte: EssilorLuxottica, 2022)

Oltre ai siti produttivi in Italia, EssilorLuxottica dispone di altre strutture di produzione in diverse parti del mondo. Ci sono impianti in Cina, Thailandia, India e Giappone, insieme a fabbriche negli Stati Uniti, in Brasile e in Colombia, che gestiscono il resto della produzione globale di occhiali. Lo stabilimento di Fukui, in Giappone, si concentra sulla produzione di occhiali in titanio e oro massiccio, mentre lo stabilimento di Foothill Ranch in California è specializzata nella produzione di occhiali da sole ad alte prestazioni, montature da prescrizione e lenti, ed assembla la maggior parte dei prodotti eyewear di Oakley. Alcuni occhiali di protezione Oakley, insieme a capi d'abbigliamento e calzature, sono prodotti da fornitori esterni.

Nel corso degli anni, il Gruppo ha gradualmente diversificato il suo mix tecnologico passando dai tradizionali metalli, iniezioni di plastica e lastre di acetato a materiali come alluminio, legno, pressofusione ed inserti in tessuto. Poiché le esigenze dei consumatori evolvono continuamente, è necessario un forte impegno per adattare rapidamente le tecnologie e soddisfare al meglio le richieste.

Nell'ambito di tale processo, EssilorLuxottica continua a concentrarsi sull'espansione delle capacità tecnologiche all'interno dei propri stabilimenti dedicati alla produzione di occhiali di lusso. Ad esempio, è stata sviluppata la capacità di produzione di montature in corno a Lauriano (Italia), mentre a Fukui (Giappone) è stata sfruttata appieno l'eccezionale maestria giapponese nell'incisione di metalli preziosi, come il titanio e l'oro massiccio.

Le montature in plastica vengono prodotte utilizzando un processo di fresatura o stampaggio ad iniezione. Con la fresatura, una macchina controllata da un computer modella le montature da lastre di acetato colorato, producendo frontali, aste e componenti che vengono poi assemblati, rifiniti e confezionati.

Nel 2021, EssilorLuxottica ha stipulato un accordo di collaborazione con Mazzucchelli 1849 per sviluppare e produrre un tipo di acetato altamente sostenibile. Tale *partnership* mira a ridurre l'impatto ambientale delle attività del Gruppo nel lungo periodo sull'intera catena del valore e ad espandere l'offerta di occhiali di alta qualità e sostenibili.

1.3.4.1. Lo stabilimento produttivo di Lauriano

Lo stabilimento produttivo di EssilorLuxottica a Lauriano, situato nella provincia di Torino, è uno dei sei siti italiani del Gruppo. Inaugurato nel 1979, conta attualmente circa 1.152 dipendenti impiegati.

Giuseppe Ratti, proprietario di Bery Optics, inizia a produrre lenti e montature per sport ed aviazione. Solo nel 1938 l'iconico marchio Persol diventa un marchio registrato. La storia e il successo di Persol continuano nel corso degli anni (*vedi Figura 7*). Nati come occhiali per aviatori e sportivi, diventano ben presto uno status symbol, inconfondibili per le loro caratteristiche linee retrò.

Nel 1957 viene prodotto il primo Persol 649, uno dei modelli più venduti ancora oggi, progettata per i conducenti di tram.

Persol sbarca nel mondo del cinema, celebre la scena del film "Divorzio all'italiana" in cui l'attore Marcello Mastroianni indossa un paio di Persol.

Nel corso degli anni il brand continua a progettare e produrre nuovi modelli sulla scia del successo inarrestabile. Nel 1995 Luxottica acquisisce il marchio e il relativo stabilimento a Lauriano, storico sito produttivo.

Persol e la sua storia

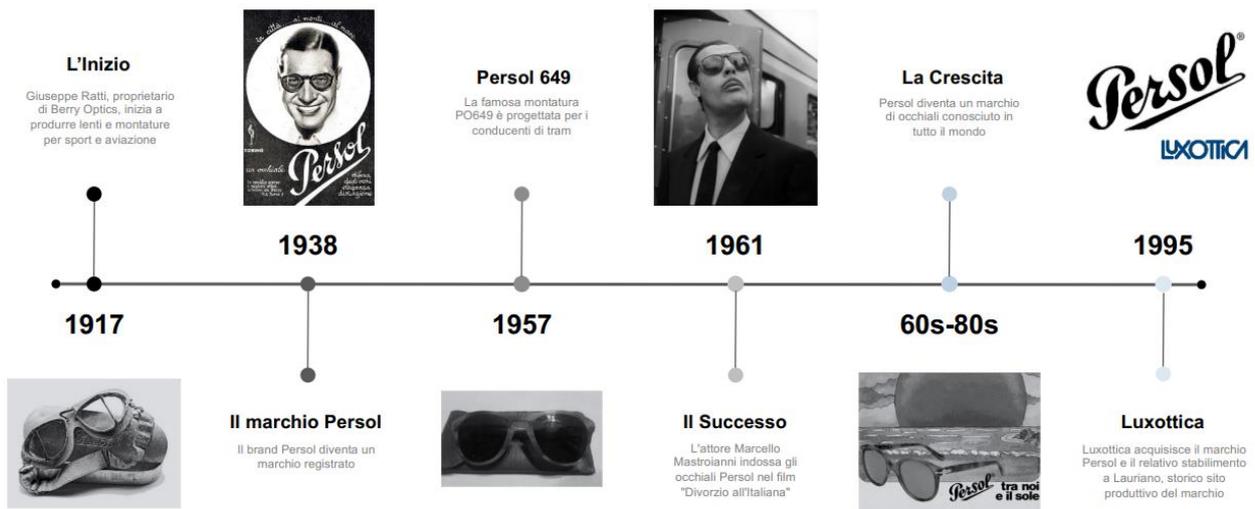


Figura 7 - Persol e la sua storia

Lo stabilimento vanta macchinari all'avanguardia ed è specializzato nella fabbricazione di montature per occhiali da sole e da vista di alta qualità, di diversi marchi di moda prestigiosi, come Prada, Burberry, Versace, ed altri ancora. In particolare, lo stabilimento di Lauriano è responsabile della produzione di tutti gli occhiali in acetato del brand Persol, icona italiana nell'industria degli occhiali, fondata nel 1917 da Giuseppe Ratti, dando inizio ad un'avventura destinata al successo su scala internazionale.

Il nome Persol, che significa “Per il sole” divenne un marchio registrato nel 1938 spianando la strada per il lancio delle montature più iconiche, come i *Cellor*, una combinazione di elementi naturali, il 649, pensato per gli autisti dei tram, che divenne velocemente un modello cult e, infine, il 714, la prima montatura pieghevole di Persol.

Il marchio è specializzato nella produzione di occhiali da sole e da vista di alta qualità. Giuseppe Ratti iniziò la sua attività nel 1917 a Torino, in Italia; era un ottico ed un appassionato di aeronautica. Inizialmente, l'azienda produceva solo occhiali da vista, ma nel 1929 iniziò a produrre anche occhiali da sole. Gli occhiali da sole Persol divennero rapidamente popolari tra i piloti dell'aviazione, in quanto erano realizzati con materiali di alta qualità ed offrivano una protezione ottimale dai raggi UV.

La missione iniziale era la creazione di occhiali tecnologicamente avanzati, pensati per soddisfare le esigenze dei piloti di aerei e macchine sportive. Il primo di essi, il *Protector*, ha ottenuto il suo primo brevetto nel 1924 (vedi *Figura 8*).



Figura 8 - Protector
(Fonte: Persol, 2023)

Tra gli anni '30 e '40 nacquero le tecnologie e i simboli iconici del marchio, come la freccia argentata, caratterizzata da eleganza e funzionalità, ispirate alle spade degli antichi guerrieri; allo stesso tempo, i *Meflecto*, ovvero le aste flessibili pensate per assicurare il massimo comfort (vedi *Figura 9*).



Figura 9 - Meflecto
(Fonte: Persol, 2023)

Infine, il *Victor Flex*, un ponte flessibile che si incurva agevolmente migliorando la vestibilità complessiva degli occhiali (vedi Figura 10).



Figura 10 – Victor Flex
(Fonte: Persol, 2023)

Negli anni '60 ebbe inizio il legame tra Persol ed il mondo del cinema: gli occhiali furono indossati da attori ed attrici famosi, tra cui *Steve McQueen*, *Audrey Hepburn* e *Marcello Mastroianni*.

Nel 1995 i cammini di Persol e Luxottica si incontrarono, grazie alla condivisione di identità e valori; così Luxottica decise di espandere il proprio portafoglio di marchi di proprietà acquisendo l'iconico brand Persol, di cui conserva tutte le caratteristiche, mantenendo la produzione artigianale nello storico stabilimento di Lauriano. L'acquisizione di Persol da parte di Luxottica è stato un passo importante nella strategia di crescita dell'azienda. L'aggiunta di Persol al portafoglio di marchi di Luxottica ha permesso di rafforzare la sua posizione di leader globale nel settore dell'occhialeria.

Oggi, Persol è uno dei marchi di occhiali più famosi al mondo. Il marchio è sinonimo di stile, qualità ed innovazione.

Nel 2022, Persol ha registrato un fatturato di circa 300 milioni di euro. Il marchio è presente in oltre 100 Paesi in tutto il mondo.

Lo stabilimento produttivo di Lauriano ha la particolarità di essere suddiviso a sua volta, in due sub-stabilimenti: uno per la realizzazione di montature (*frames*) e uno per le lenti (*lenses*).

Dell'organico, composto da più di 1.000 persone, quasi l'80% è impiegato nella produzione di montature e il 20% per le lenti, escluso il personale indiretto impiegato per le varie funzioni d'ufficio.

Presso lo stabilimento di Lauriano Lenses si producono lenti oftalmiche di tutte le tipologie, per correggere i difetti visivi come miopia, astigmatismo, ipermetropia e presbiopia. Le lenti prodotte sono realizzate con materiali di alta qualità, come il vetro ottico e le resine plastiche, e sono disponibili in una vasta gamma di forme, dimensioni e colori.

Con oltre quattro decenni di esperienza e ricerca nel campo delle lenti da sole, EssilorLuxottica reinventa la magia del sole con soluzioni all'avanguardia incentrate sulla qualità, innovazione e moda, per offrire ai consumatori un'esperienza ottica senza eguali. Impegnato ad ampliare le esperienze visive per i suoi consumatori, il Gruppo conta oltre 50 ricercatori di lenti da sole nei suoi centri di ricerca e sviluppo, tra cui, in Italia, il centro di R&S di Lauriano e Pescara.

Le attività di R&S si sono concentrate in particolare su nuovi effetti decorativi, sfruttando il know-how sulle tecnologie di tampografia, di stampa digitale e di tecnologie di tampografia, stampa digitale e rivestimento a specchio.

Lo stabilimento produttivo di Lauriano *Frames* si occupa della progettazione e della produzione delle montature in acetato. In particolare, vengono prodotti tutte le montature in acetato del marchio *Persol* (esclusivamente a Lauriano) e di molti altri brand del mondo della moda e del lusso.

La maggior parte delle decisioni strategiche vengono discusse nel centro nevralgico dell'azienda, in cui si trova tutta la direzione centrale, con sede ad Agordo, in Veneto. L'headquarter fornisce le principali linee guida per omologare tutti gli stabilimenti produttivi agli stessi benchmark.

A Lauriano, in termini di funzioni interne, sono presenti l'ufficio tecnico, pianifica, magazzino interno per la gestione dei componenti, attrezzature e materie prime necessarie alla produzione, l'ufficio hr e tutte le risorse umane impiegate nella produzione, un team di manutenzione e il team di manufacturing engineering, descritto successivamente nel dettaglio (*vedi Figura 12*).

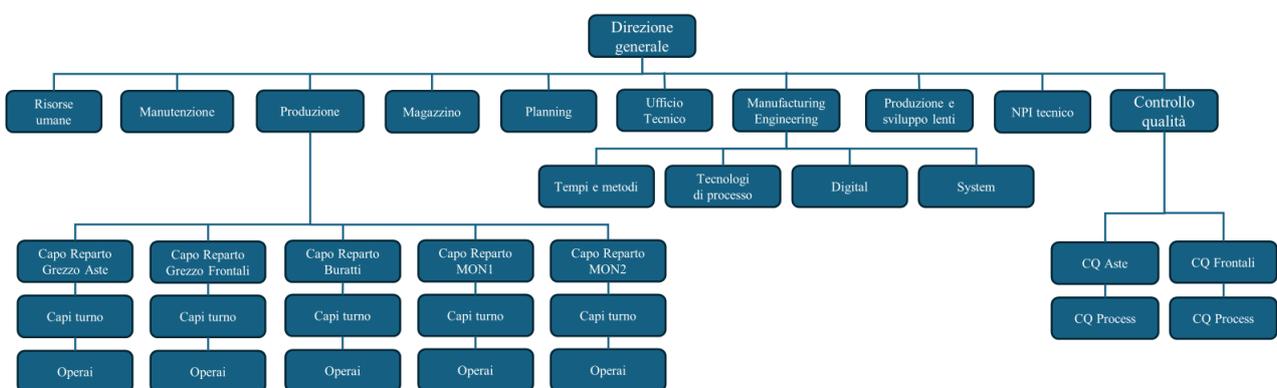


Figura 11 - Organigramma stabilimento produttivo Lauriano Frames

1.3.4.1.1. Il team di Manufacturing Engineering (ME)

L'ingegnere di produzione, o *manufacturing engineer*, è un professionista che si occupa della progettazione, dell'implementazione e del miglioramento dei processi produttivi. Il suo obiettivo è garantire che i prodotti vengano realizzati in modo efficiente, efficace e conforme alle specifiche. ME, quindi, opera per garantire piena sostenibilità delle performance industriali del business.

Il team di *Manufacturing Engineering* nello stabilimento produttivo di Lauriano è nato nel 2022. Attualmente è composto da diverse figure che ricoprono i vari ruoli descritti in *Figura 12*.

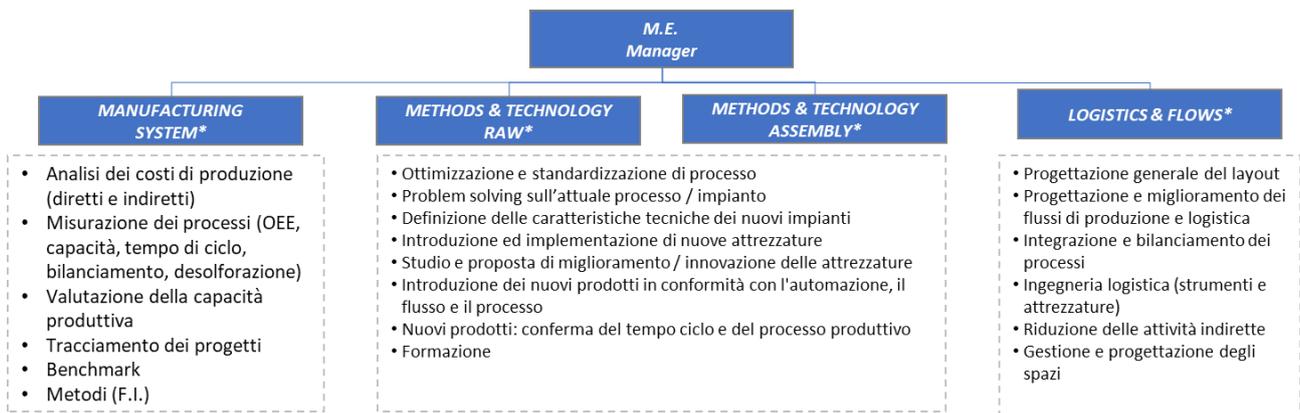


Figura 12 - Struttura team ME

Le responsabilità dell'ingegnere di produzione includono:

- **Progettazione dei processi produttivi:** il *manufacturing engineer*, in particolare il responsabile che si occupa della gestione dei cicli di lavoro per la sezione tempi e metodi, collabora con i membri degli altri team di progettazione (ufficio tecnico, responsabili di produzione, pianifica ecc.) per progettare i processi produttivi che verranno utilizzati per realizzare i prodotti. Il processo produttivo deve seguire degli standard specifici per rispettare le esigenze qualitative richieste dal cliente⁹ e concordate con l'ufficio prodotto.
- **Implementazione dei processi produttivi:** il *manufacturing engineer* focalizzato sulle tecnologie, è responsabile dell'implementazione corretta dei processi produttivi progettati. Tale attività include la selezione delle attrezzature e delle tecnologie appropriate, la formazione del personale e la messa in servizio dei processi. Tutte queste operazioni vengono svolte in collaborazione con gli altri enti dello stabilimento per valutare la capacità produttiva, il lead time necessario, eventuali particolari da tenere in considerazione per questioni qualitative.
- **Miglioramento dei processi produttivi:** tutta l'attività di *continuous improvement* è in gestione al team di ME. Il principale obiettivo del team è quello di ottimizzare il processo produttivo per aumentarne la capacità e riducendo i costi, secondo i principi della *lean manufacturing*. Tutti i progetti implementati possono riguardare sia progetti puramente gestionali (*re-layout*, miglioramento della gestione produttiva, ottimizzazione della schedulazione della produzione, digitalizzazione ecc.), sia attività più strettamente connesse alla produzione, come l'implementazione di nuove tecnologie produttive.

⁹ Per cliente si intendono i designer e tutti gli attori che interagiscono con l'azienda per ottenere il prodotto finito richiesto. Nel caso di un prodotto di un marchio in licenza ci si riferisce al team di sviluppo prodotto del marchio in questione; viceversa, nel caso di un marchio di proprietà il cliente può essere identificato nel team interno di sviluppo prodotto.

1.3.5. Il processo produttivo di un occhiale

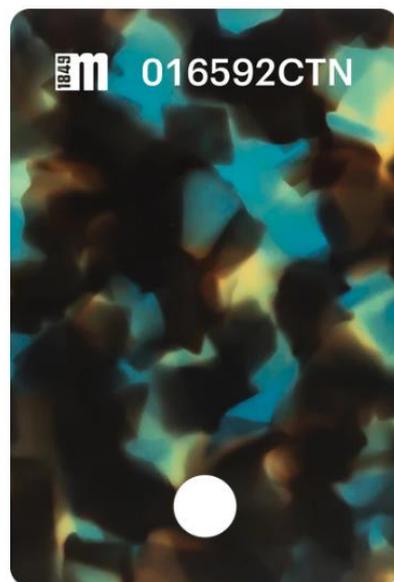
L'obiettivo del corrente capitolo è quello di descrivere, almeno in termini generali, il processo produttivo un occhiale, con riferimento alle principali attività. Il processo produttivo necessario alla realizzazione di un occhiale prevede molte fasi di lavoro, diversificate in base alla tipologia del materiale di cui si compone la montatura.

Prima di rappresentare il processo produttivo è doveroso descrivere le parti principali che costituiscono la montatura di un occhiale:

- **Frontale:** il termine “*frontale*” si riferisce alla parte della montatura che contiene le lenti. Il frontale include i cerchi (o margini) superiori e inferiori che racchiudono le lenti e le collegano alle aste.
- **Aste:** le aste sono le parti allungate che si estendono dal frontale e si agganciano dietro le orecchie per tenere in posizione gli occhiali. Di norma, partono dalle cerniere su ciascun lato del frontale e si curvano dietro le orecchie.

La montatura può essere composta da diversi materiali:

- **Acetato:** è un materiale di origine naturale, ossia cellulosa derivata da fibre di cotone (*vedi Figura 13*). Proprio l'elevato contenuto di cotone lo rende un materiale ipoallergenico, naturalmente caldo e liscio al tatto. L'acetato risulta essere estremamente funzionale, sia dal punto di vista dei giochi cromatici realizzabili, sia per la sua malleabilità, che lo rende adatto per le montature da vista, in quanto può essere regolato perfettamente in base alla forma del viso. L'acetato di cellulosa è un polimero naturale modificato, si ottiene dall'estrazione della parte più pura della cellulosa che, successivamente, viene trattata con composti chimici per essere trasformata in acetato di cellulosa in polvere. Durante le lavorazioni, questa polvere viene accuratamente mescolata con plastificanti al fine di conferirle la lavorabilità, flessibilità e tenacità desiderate.



Frontal view



Side view

*Figura 13 - Acetato di cellulosa
(Fonte: Mazzucchelli 1849, 2016)*

- **Metallo:** tramite l'ampia varietà di trattamenti di testurizzazione e rivestimento galvanico disponibili sul mercato, il metallo offre un'infinita gamma di texture e finiture. I metalli principalmente impiegati per le montature targate EssilorLuxottica includono acciaio, titanio, oro e platino. Il principale vantaggio delle montature in metallo è rappresentato dai volumi più leggeri e dalle superfici con qualità superiore.



*Figura 14 - Bobina in metallo
(Fonte: Longsun, 2016)*

- **Iniettato:** tra i materiali impiegati per iniezione, quello più comune risulta essere il nylon (vedi Figura 15). Il nylon è un materiale plastico e pertanto è estremamente leggero, flessibile e resistente nel tempo e non è sensibile alla temperatura. La particolarità di questo materiale è che può essere modellato in qualsiasi tipo di forma.



*Figura 15 – Granuli per stampaggio ad iniezione
(Fonte: Gibaplast, 2023)*

- **Materiali speciali:** con un occhio di riguardo alla continua innovazione, i centri di ricerca e sviluppo sono sempre a lavoro per ottenere montature uniche, anche grazie all'impiego di materiali speciali come:
 - **Fibra di carbonio:** un materiale tecnico caratterizzato da estrema leggerezza e resistenza
 - **Grafene:** estratto dalla grafite, particolare per la sua leggerezza
 - **Corno:** materiale ottenuto dalle corna del bufalo d'acqua. Ogni montatura realizzata in corno è davvero unica nel suo genere, grazie alle particolari venature che caratterizzano e distinguono ogni pezzo. È doveroso precisare che l'unico stabilimento produttivo EssilorLuxottica di montature in corno è proprio quello di Lauriano.
 - **Liteforce:** materiale ampiamente utilizzato nel settore aerospaziale e in campo chimico.
 - **Legno:** lavorato a mano e trattato per ottenere montature comodamente calzabili e con superfici lisce.

La produzione di tutte le montature EssilorLuxottica, in particolare quelle realizzate con materiali speciali, è il risultato di alti standard artigianali e avanzate innovazioni tecnologiche che hanno l'obiettivo di garantire qualità e stile unici per ogni modello.

Di seguito vengono rappresentati i processi produttivi per i principali materiali precedentemente descritti.

Processo produttivo di un occhiale in acetato (segue capitolo di dettaglio):

1. Per ottenere un prodotto di alta qualità è necessario trattare una materia prima di eccellenza. Ogni foglio di acetato può essere personalizzato scegliendo una vasta gamma di combinazioni di colori, secondo le richieste dei designer. Le lastre sono lavorate per ottenere un preciso spessore secondo le specifiche tecniche di ogni modello.
2. Sia che le aste che i frontali vengono processati e modellati secondo i disegni tecnici e i particolari in metallo sono inseriti nelle aste, che sono sagomate per ottenere la curvatura corretta.
3. Successivamente i frontali vengono dotati di cerniere e si eseguono le lavorazioni necessarie per ottenere la sagoma richiesta.
4. La fase successiva riguarda il processo di burattatura, in cui la montatura viene levigata e resa brillante.
5. Infine, il frontale viene assemblato con le rispettive aste e la montatura, completa, viene lucidata a mano.

Processo produttivo di un occhiale in metallo:

1. La fornitura delle leghe metalliche avviene sotto forma di lamina o rotoli di filo.
2. Per ottenere lo spessore desiderato il filo di metallo viene fatto passare attraverso una matrice. Successivamente, viene sezionato per ottenere la dimensione e la forma corrette, per poi essere saldato. Le aste ed altri componenti, come ad esempio il ponte, il supporto per i naselli e le cerniere, vengono saldati a mano sul frontale.
3. Anche in questo caso è necessario un processo di burattatura, durante il quale alcuni materiali abrasivi levigano i vari componenti e rimuovendone le imperfezioni.
4. Le montature vengono poi galvanizzate in una soluzione salina elettrolitica, che aggiunge un rivestimento ipoallergenico anticorrosivo, donando lucentezza e resistenza alla montatura. Una volta asciugate, viene applicato un rivestimento protettivo trasparente.
5. A seconda del modello, le montature possono essere dipinte con il colore o la pittura per vetro.

Processo produttivo di un occhiale in iniettato:

1. La prima fase comporta la fusione dei granuli di fibra di nylon a una temperatura molto elevata
2. Il liquido risultante viene iniettato in uno stampo per formare il frontale e l'asta di una montatura.
3. A seguito della solidificazione di tutti i componenti, le montature vengono burattate.
4. Successivamente vengono lavati, sgrassati e asciugati in un forno, per poi essere assemblati e verniciati.
5. Infine, gli occhiali sono assemblati e si ottiene l'occhiale finito.

1.3.5.1. Il processo produttivo di un occhiale in acetato

Come già anticipato nelle sezioni precedenti, nello stabilimento di Lauriano si producono principalmente due tipologie di montature, montature in acetato e montature in corno. Di seguito è descritto nel dettaglio il processo produttivo di un occhiale in acetato, processo che è stato ampiamente analizzato e sul quale vertono tutte le considerazioni dello studio proposto.

Nelle *Figure 16, 17 e 18* è rappresentato schematicamente il flusso logico delle fasi di lavorazione necessarie per ottenere un occhiale in acetato. Le fasi di lavorazione del frontale grezzo e delle aste grezze avvengono pressoché in parallelo fino ad essere assemblate in finitura. Si specifica che il flusso in questione è da intendersi come generico, a seconda del modello in questione esso può richiedere più o meno fasi di manodopera.

Per la realizzazione di un occhiale in acetato si parte dalla materia prima, ovvero un foglio o una lastra di acetato. Una volta giunte in stabilimento, le lastre vengono stoccate in magazzino in appositi scaffali e carrelli per evitare curvature e per mantenere la forma. La lastra viene tagliata in tavolette, che formeranno il frontale dell'occhiale. A seconda del modello richiesto le tavolette possono essere ulteriormente levigate tramite una spessoratrice. Alcuni modelli richiedono naselli e altri componenti decorativi che, solitamente, richiedono tavole più spesse rispetto al resto del frontale. Se la differenza fosse troppo evidente, potrebbe essere preferibile aggiungere materiale nelle posizioni richieste incollando strisce piccole di acetato, anziché utilizzare una tavola più spessa e rimuovere più materiale nella successiva fase di fresatura. Tali componenti, detti "aletta centrale" e "tasselli laterali", vengono aggiunti tramite l'operazione di incollaggio. Questi vengono uniti alla tavoletta mediante un processo di vibrazione, in cui i pezzi si riscaldano e si fondono prima di solidificarsi insieme, eliminando la necessità di colla o solventi. Dopo aver ottenuto le misure desiderate, si procede con le fresature. Infatti, dopo essere stato preparato per l'incollatura e la piegatura, il blocco deve essere sottoposto a 2 operazioni di fresatura svolte da macchine controllate numericamente.

Per quanto riguarda la fresatura interna, essa avviene su una macchina a controllo numerico, in cui la tavoletta di acetato viene spinta in posizione da un elemento di spinta e trattenuta da una coppia di morsetti. Le frese rimuovono il materiale per creare la forma della lente interna, la smussatura e la scanalatura (il canale in cui è posizionata la lente).

Successivamente le tavolette vengono processate su macchinari di incisione a controllo numerico a 5 assi, che fresano i frontali nelle varie forme e dimensioni attraverso la fase di lavorazione definita come fresatura esterna. Il frontale, con i due fori interni, vengono caricati sulla tavola di rotazione e viene eseguito il processo di fresatura a seconda del modello e del programma impostato in macchina.

Una volta fresati, si procede con l'inserimento delle cerniere sul frontale tramite un processo principalmente termico per cui si scaldano le cerniere che, grazie al calore, vengono inglobate all'interno dell'acetato.

Segue la fase della meniscatura, che consiste nello scaldare il frontale a circa 70-85° per poi pressarlo con delle basi sferiche. In seguito, è necessario raffreddarlo bruscamente (6°) per ottenere una meniscatura uniforme. Tale operazione è fondamentale per conferire la corretta curvatura all'occhiale e consentire una vestibilità confortevole ed avvolgente in viso.

Terminati tutti questi passaggi, vengono incapsulati i componenti in metallo e i frontali sono inseriti in botti ottagonali che gireranno con un mix di pezzi di legno, tendenzialmente di faggio o di betulla, dalle varie dimensioni, insieme a paste abrasive. Questo processo, detto "burattatura", si compone di tre fasi (sagomatura, lucidatura e brillantatura) ed è necessario per rimuovere materiale in eccesso, arrotondare gli spigoli e lucidare le superfici. I frontali vengono movimentati da una botte all'altra, in base alla lavorazione richiesta, fino ad ottenere il risultato voluto, per il quale l'amalgama dei legnetti e le paste gioca un ruolo fondamentale.



Figura 16 - Processo produttivo di un occhiale in acetato (Grizzo Frontale)

Parallelamente a tutte queste fasi di lavoro, si procede alla realizzazione delle aste, le quali seguono un procedimento pressoché analogo. L'asta viene animata tramite un'operazione di foratura ed inserimento dell'anima, un componente, generalmente in metallo, che garantisce la corretta struttura all'asta stessa. Seguono le fasi di spessoratura, incisione per realizzazione di eventuali loghi dei brand, piegatura e bombatura. Tali operazioni consentono di ottenere un componente conforme alle specifiche e in grado di sorreggere il frontale nel migliore dei modi.

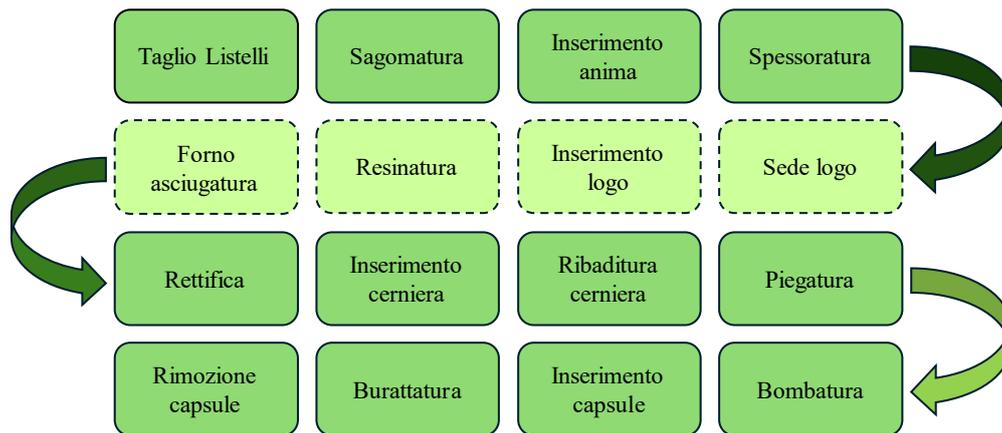


Figura 17 - Processo produttivo di un occhiale in acetato (Grezzo Aste)

Infine, si procede alle fasi che ci portano al completamento della montatura. Alcuni modelli richiedono particolari accortezze per incisioni da eseguire sulle aste, che vengono verniciate con speciali vernici ed asciugate in appositi forni. Le ultime fasi riguardano l'intestatura delle aste e del frontale per ottenere un perfetto accoppiamento. L'occhiale viene successivamente lucidato e brillantato e, a solo dopo l'inserimento delle lenti, è pronto per essere confezionato.

L'acetato è un materiale naturale, vivo e risulta essere molto sensibile alle condizioni ambientali. Per cui è necessario monitorare con frequenza i processi produttivi per garantire un alto livello di qualità. Ogni fase è attentamente controllata dagli operatori, e alla fine di ciascuna operazione, l'occhio e la mano umana valutano se il pezzo è idoneo, conservando l'esperienza e la manifattura richiesta, al fine di ottenere un prodotto di lusso e di qualità.

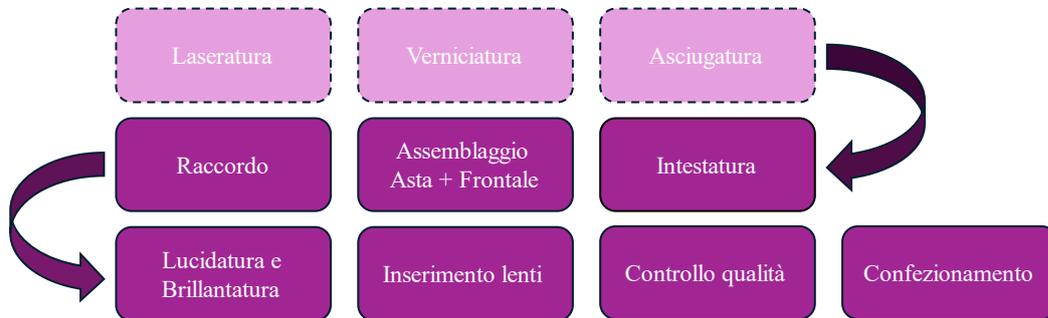


Figura 18 - Processo produttivo di un occhiale in acetato (Finitura)

Per quanto riguarda il flusso gestionale del processo produttivo, l'intera produzione è gestita tramite sistemi informativi ERP e MES. Tutti i prodotti vengono monitorati tramite gli ordini di produzione, che riportano tutte le informazioni utili in termini di fasi di lavoro, schedulazione temporale pianificata, componenti necessari etc. I tempi di produzione di aste e frontali sono asincroni, per cui sia gli ordini per i frontali sia quelli per le aste devono tener conto dei rispettivi lead time. Gli ordini delle aste e dei frontali convergono in un magazzino intermedio (kit), a seguito della lavorazione di burattatura. In questa fase le aste vengono considerate non più come ordini di produzione a sé stanti, ma come componenti dei frontali, per cui avviene l'associazione con i rispettivi ordini di produzione, considerando la distinta base, e il materiale prosegue il flusso in finitura fino alla realizzazione dell'occhiale finito.

2. KPI industriali utilizzati in EssilorLuxottica

Una delle principali sfide aziendali di EssilorLuxottica, così come per tutte le aziende multinazionali, verte sulla competitività a livello globale.

Gli indicatori chiave di prestazione, comunemente noti come “*Key Performance Indicator*” (KPI) rappresentano delle informazioni utili al business per monitorare l’andamento aziendale rispetto agli obiettivi prefissati. Di fatti, rappresentando metriche cruciali per valutare l’efficienza e le prestazioni di un’attività o di un processo, riflettono i fattori critici di successo per un’organizzazione e variano a seconda del contesto applicativo.

Un KPI può essere definito come un indicatore in grado di misurare le performance a seconda dei criteri aziendali e del business analizzato.

In un contesto produttivo digitale ed evoluto, è ormai indispensabile integrare il processo produttivo con il sistema informativo aziendale; a tal proposito, sul mercato esistono diverse soluzioni di sistemi informativi, standard o customizzati, in base alle esigenze. È preferibile che i dati vengano rilevati direttamente dai sistemi operanti sul campo, meglio se direttamente automatizzati ed interconnessi con le risorse produttive.

I sistemi che aiutano nella rilevazione dei dati di produzione, e quindi nell’elaborazione di KPI affidabili e tempestivi, sono i software MES (*Manufacturing Execution System*), di cui segue una dettagliata descrizione nel capitolo “*Il sistema MES (Manufacturing Execution System)*”.

La tecnologia dei più evoluti sistemi MES consente di rilevare manualmente, tramite l’interazione con l’operatore a bordo macchina, o automaticamente, grazie all’interconnessione del sistema con il software della risorsa stessa, i dati di produzione e controllare in tempo reale le lavorazioni eseguite: operazioni, prodotti realizzati, tempi di produzione, stato dell’ordine di produzione, efficienza della risorsa, qualità della produzione (*Antos, 2018*).

Per garantire l’effettiva utilità di un KPI, è fondamentale che questo soddisfi alcuni requisiti, di seguito elencati:

- *Quantificabilità*: deve essere misurabile e deve poter essere espresso sotto forma di valore numerico
- *Praticità*: deve integrarsi con il processo aziendale, facilmente fruibile e determinabile
- *Significatività*: deve consentire di determinare l’effettivo progresso aziendale
- *Operatività*: deve essere controllabile e confrontabile con il sistema, possono essere correlati al contesto per identificare e definire eventuali variazioni o cambiamenti

Soprattutto nel settore manifatturiero, è indispensabile riuscire a definire dei KPI di riferimento, specie per monitorare l’andamento della produzione rispetto ai target pianificati.

EssilorLuxottica, utilizza una serie di KPI produttivi per monitorare l’efficienza e la qualità delle proprie attività.

I principali KPI produttivi utilizzati sono i seguenti:

- *Produttività*: misura la quantità di pezzi prodotti in un dato periodo di tempo.
- *Rendimento di manodopera*: misura la quantità di pezzi prodotti in un lasso temporale, confrontando il tempo effettivamente impiegato per la produzione con quello target, corrispondente allo standard di riferimento per ogni fase di lavorazione, variabile da modello a modello.
- *Qualità*: misura il numero di prodotti conformi alle specifiche. Il sistema di controllo qualità include una serie di test che vengono eseguiti sui prodotti in diversi stadi del processo produttivo.
- *Lead Time*¹⁰: misura il tempo necessario per produrre e consegnare un prodotto finito.
- *Livello di servizio*: misura il grado di soddisfazione del cliente considerando il rispetto dei tempi e dei volumi richiesti.
- *OEE*: misura l'efficienza delle linee/risorse di produzione.

Questi KPI sono indispensabili per monitorare l'andamento delle attività produttive e per identificare possibili aree di miglioramento, con l'obiettivo di prioritizzare le azioni di ottimizzazione in base ai criteri più importanti.

Nel seguente sottocapitolo viene fornita una descrizione dettagliata dell'indicatore denominato OEE.

¹⁰ Il *lead time* è il tempo che intercorre tra l'inizio e la fine di un processo. In ambito aziendale, il lead time è spesso utilizzato per misurare il tempo necessario per completare un ordine o un progetto (Feld, W. M., 2000).

2.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

L'OEE, acronimo di “*Overall Equipment Effectiveness*”, è un termine coniato da *Seiichi Nakajima* negli anni '80 ed è un indicatore chiave di prestazione (KPI) utilizzato per misurare l'efficienza delle risorse produttive.

Idealmente, una qualsiasi risorsa produttiva dovrebbe lavorare tutto il tempo disponibile ed utile ai fini produttivi, alla massima velocità, producendo esclusivamente prodotti conformi, senza generare scarti.

In realtà, la maggior parte delle macchine produttive non sono in grado di lavorare in maniera continuativa, senza fermate, non possono produrre costantemente a velocità standard e, spesso, producono anche pezzi difettosi¹¹.

L'OEE è un indicatore che valuta l'efficacia delle risorse analizzando tre parametri fondamentali:

- **Availability** (disponibilità): considera le perdite per inattività produttiva (ad esempio guasti e tempi di *set-up*¹²). Rappresenta il rapporto tra il tempo produttivo di effettiva disponibilità della risorsa¹³ rispetto al tempo pianificato. Percentuale di tempo in cui la risorsa è effettivamente disponibile per la produzione.
- **Performance** (prestazione): analizza le perdite di velocità produttiva (ad esempio ridotta velocità di rilavorazione rispetto al target prefissato). Calcolato come il rapporto tra il tempo effettivo di produzione ed il tempo target della lavorazione in questione.
- **Quality** (qualità): evidenzia le perdite per difetti (ad esempio scarti e rilavorazioni). È il rapporto tra il numero di pezzi conformi rispetto al totale dei pezzi prodotti (pezzi conformi + scarti).



Figura 19 - Calcolo dell'OEE

Il fine ultimo del calcolo dell'OEE è quello di avere a disposizione una chiara visione delle principali perdite produttive, associandole ai fattori considerati, per ottenere un diagramma di Pareto delle causali per ogni parametro dell'OEE, sul quale effettuare le opportune analisi per implementare delle azioni correttive.

¹¹ Per “difetto” si intende il mancato soddisfacimento di un requisito specificato, quindi una non conformità rispetto ad un determinato impiego previsto del bene in oggetto. Con il termine “difettoso”, invece, ci si riferisce ad un oggetto che ha uno o più difetti.

¹² *Set-up*: “nella tecnica, la fase di predisposizione di un'apparecchiatura, per es. un dispositivo di lavorazione automatica e di misurazione o controllo, per la esecuzione di un determinato ciclo di operazioni” (Treccani, 1996)

¹³ Risorsa, linea di produzione, centro di lavoro o singolo macchinario impiegato ai fini produttivi.

Nella *Figura 20* sono riportati tutti i fattori considerati nel calcolo dell'OEE. In particolare, essi sono (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018):

- Tempo solare = 24 ore/giorno x 365 giorni/anno
- Tempo disponibile lordo = numero di turni x ore/giorno x giorni/settimana = tempo solare – *unscheduled time*
- Tempo disponibile netto = tempo disponibile lordo – *planned shutdown*
- Tempo effettivo di lavorazione = tempo disponibile netto – *downtime losses*
- Tempo standard di output lordo = tempo effettivo di lavorazione – *speed losses*
- Tempo standard di output netto = tempo standard di output lordo – *quality losses*

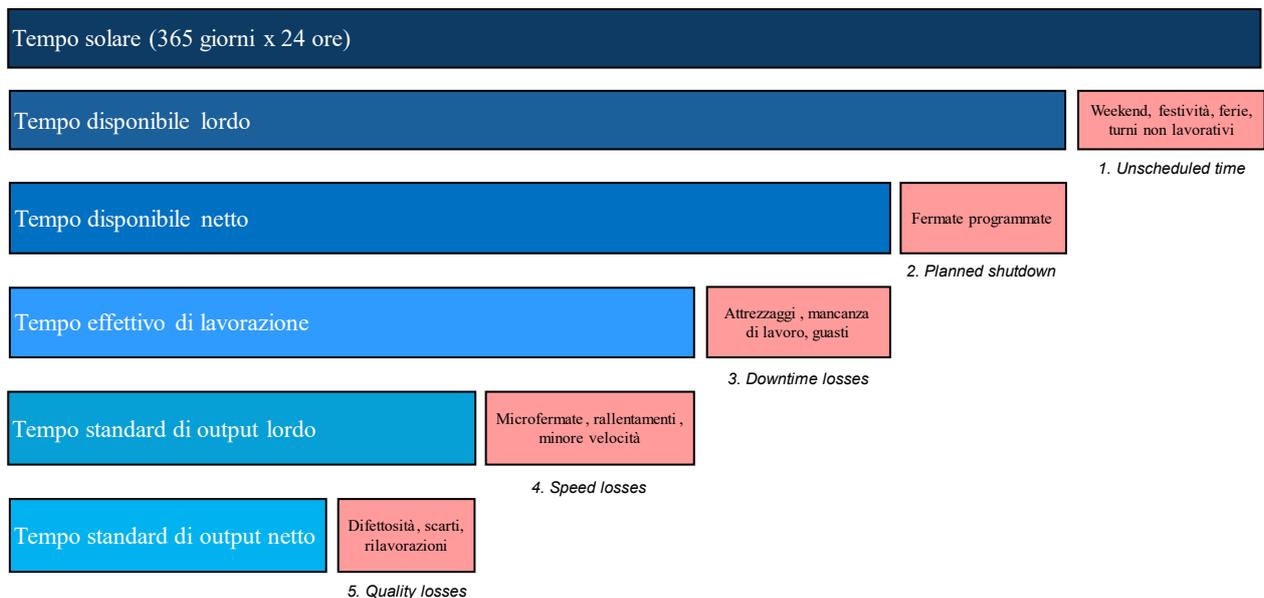


Figura 20 - Fattori OEE
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

Il tempo teoricamente disponibile per la produzione (Tempo solare) viene eroso da diversi fattori fino a ridurlo all'effettivo tempo produttivo (Tempo standard di output netto). Dai dati a disposizione possono essere calcolati degli indici adimensionali, spesso riportati in termini percentuali, utili a monitorare l'efficienza produttiva.

$$\text{Utilizzo degli asset} = \frac{\text{Tempo disponibile lordo}}{\text{Tempo solare}} \rightarrow \text{Misura di } \textit{unscheduled time}$$

L'utilizzo degli asset è un indice che fornisce una indicazione sulla percentuale di inattività delle risorse produttive rispetto al tempo totale disponibile (365 gg • 24 h/gg). Dato molto utile soprattutto per la valutazione di investimenti importanti in linee ed interi impianti produttivi. Tanto più alta sarà questa percentuale, migliore risulterà l'utilizzo delle risorse, prima si è in grado di raggiungere il break event point rispetto all'investimento compiuto. Tale indice è particolarmente influenzato dall'organizzazione della produzione in termini gestionali. Gli stabilimenti produttivi, infatti, possono lavorare su diversi turni (1, 2, 3); tendenzialmente la maggior parte delle imprese manifatturiere lavorano su tre turni produttivi organizzati come segue (6-14-22-6), oltre alla possibilità di produrre in maniera continuativa anche nei weekend.

$$\text{Fermata} = \frac{\text{Tempo disponibile netto}}{\text{Tempo disponibile lordo}} \rightarrow \text{Misura di } \textit{planned shutdown}$$

Per quanto riguarda i fermi macchina, essi possono essere distinti in due tipologie:

- *Interruzioni pianificate (planned shutdown)*: manutenzioni programmate, avviamento e spegnimento della linea/risorsa pianificati. Non impattano sull'OEE in quanto, essendo pianificate, contribuiscono solo alla decisione del tempo disponibile netto.
- *Interruzioni non pianificate (downtime losses)*: guasti, riparazioni, manutenzioni non programmate. Hanno un effetto negativo sul calcolo dell'OEE, in quanto riducono la disponibilità produttiva.

L'indice di fermata mira ad analizzare le perdite di produzione dovute a tutte le fermate programmate in anticipo sulle risorse produttive (*planned shutdown*).

Dal tempo disponibile lordo devono essere rimosse tutte le fermate pianificate, ad esempio per motivi strettamente legati alla *supply chain* in termini di capacità produttiva o per mancanza di richieste produttive o assenteismo, oppure per attività di manutenzione preventiva sulle risorse produttive. In questo modo si ottiene il "*Tempo disponibile netto*" corrispondente al tempo di produzione pianificato (100% *Availability*).

Tutti i fermi macchina attribuiti a causali di disponibilità macchina, detti "*downtime losses*" (set-up, guasto macchina non pianificato, manutenzione non pianificata etc.), hanno un impatto negativo sul "*Tempo disponibile netto*", che si riduce ad una quantità denominata "*Tempo effettivo di lavorazione*".

Di seguito è riportata la formula utilizzata per il calcolo dell'*Availability*:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Tempo effettivo di lavorazione}}{\text{Tempo disponibile netto}} \rightarrow \text{Misura di } \textit{downtime losses}$$

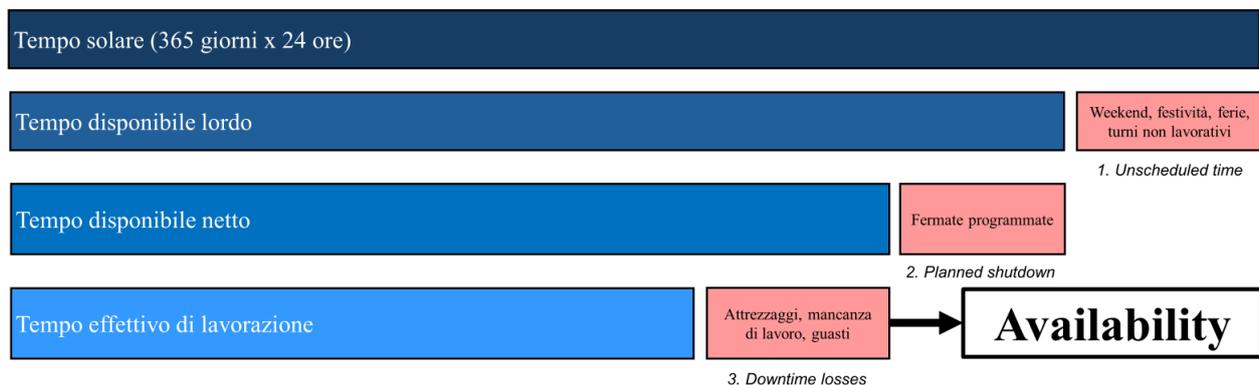


Figura 21 - Dettaglio calcolo Availability
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

La disponibilità (*Availability*), può essere quindi calcolato come il rapporto tra il tempo effettivo di lavorazione e il tempo disponibile netto. Tale parametro viene riportato sotto forma di percentuale ed

evidenzia il tempo di lavorazione al netto delle interruzioni non pianificate. Nelle produzioni manifatturiere una disponibilità $\geq 90\%$ è considerata ottima.

Il secondo parametro dell'OEE (vedi Figura 22) riguarda le prestazioni di efficienza delle risorse produttive (Performance). Esso può essere calcolato rapportando il “Tempo standard di output lordo”, ancora comprensivo di scarti e prodotti difettosi, al “Tempo effettivo di lavorazione”, precedentemente definito come tempo produttivo al netto delle fermate non pianificate.

Riguardo la *Performance*, esistono tre tipologie di fattori che possono causarne la riduzione:

- **Downtime**: attribuiti a causali di *performance* (*Management Slowdown*)
- **Microstops**: fermate inferiori ai 5 minuti di tempo
- **Technical Slowdown**: differenza tra il tempo di produzione effettivo ed il tempo di produzione target (*machine time*)

Tutti questi fattori influenzano il *Tempo effettivo di lavorazione* riducendolo ad una quantità denominata “*Tempo standard di output lordo*”. Nel dettaglio, le *performance* sono influenzate principalmente da cicli rallentati, dovuti a tempi ciclo di produzione superiori a quelli standard/target, e da microfermate¹⁴.

Di seguito è riportata la formula utilizzata per il calcolo della *Performance*:

$$Performance = \frac{\text{Tempo standard di output lordo}}{\text{Tempo effettivo di lavorazione}} \rightarrow \text{Misura di speed losses}$$

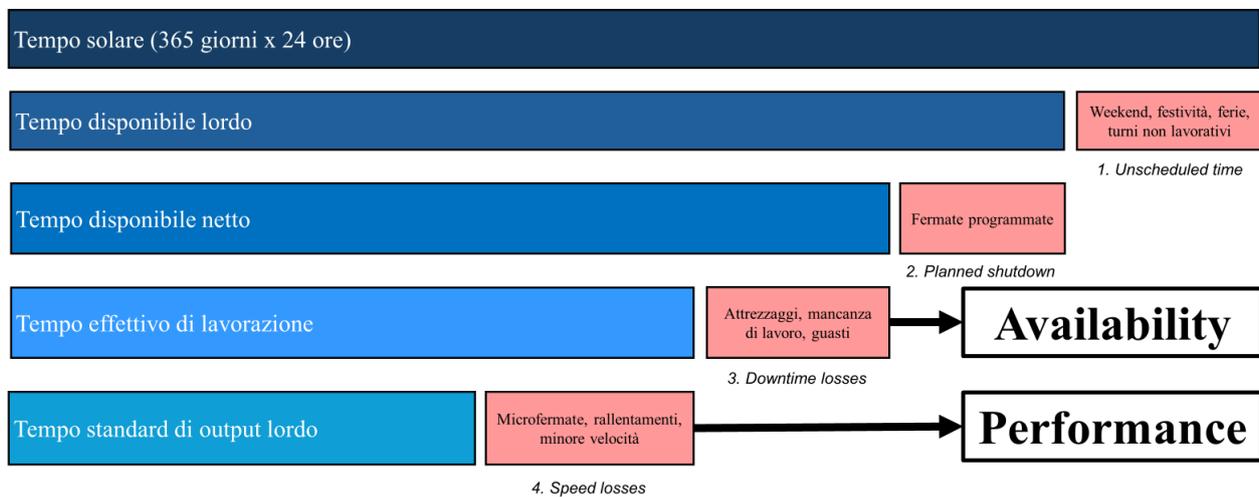


Figura 22 - Dettaglio calcolo Performance
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

¹⁴ *Microfermata*: breve interruzione del flusso di lavoro che può verificarsi in qualsiasi fase del processo produttivo.

A seguito delle fasi di lavorazione alcuni pezzi prodotti potrebbero risultare non conformi. Tutti i pezzi di scarto o da riparare riducono il *Tempo standard di output lordo* al “*Tempo standard di output netto*”.

Le *quality losses* riguardano sia gli scarti effettivamente rilevati (prodotti non recuperabili) e prodotti non conformi, ma che possono essere riparati e resi conformi alle specifiche tecniche a seguito di operazioni di rilavorazione.

Gli scarti possono essere principalmente di due tipi:

- *Scarti di avviamento produttivo*: pezzi non conformi impiegati per le fasi di *set-up*, prodotti scartati all'inizio della produzione, quando la linea/risorsa non è ancora a regime¹⁵.
- *Scarti di produzione*: prodotti scartati durante la produzione, a causa di difetti o non conformità.

Di seguito è riportata la formula utilizzata per il calcolo della qualità:

$$Quality = \frac{Tempo\ standard\ di\ output\ netto}{Tempo\ standard\ di\ output\ lordo} \rightarrow \text{Misura di } quality\ losses$$

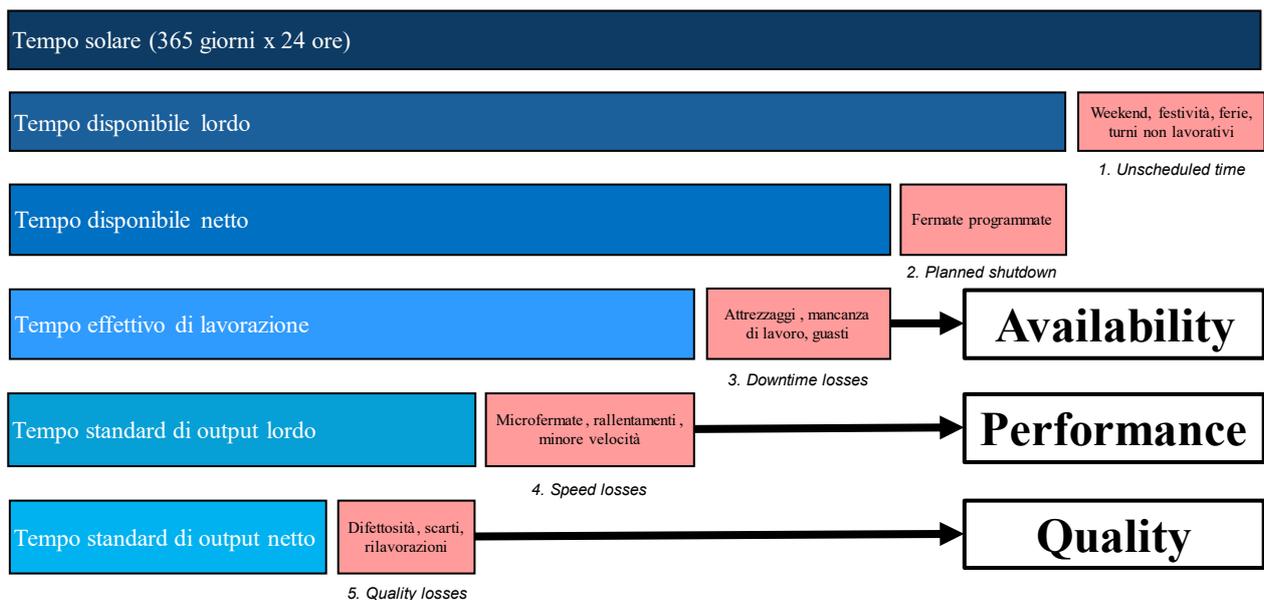


Figura 23 - Dettaglio calcolo Quality
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

¹⁵ *Risorsa in regime produttivo*. È quella che opera alla massima capacità o al massimo potenziale di produzione. Significa che sta funzionando al suo massimo rendimento senza interruzioni significative o limitazioni.

L'OEE è un indicatore preso come riferimento in molti progetti di miglioramento ispirati alla *lean manufacturing*. Misura in percentuale l'efficienza complessiva di un impianto, tenendo conto di tre categorie di perdite sopra citate (*downtime, speed e quality losses*).

$$OEE = \frac{\text{Tempo standard di output netto}}{\text{Tempo disponibile netto}} \rightarrow \text{Misura di } \textit{downtime, speed e quality losses}$$

Assumendo i tre valori ottimi dei tre indici prima citati, se ne ricava che per l'OEE un valore ottimo in ambito manifatturiero è: $90\% \times 95\% \times 99\% = 85\%$. Alcune ricerche hanno individuato per differenti settori industriali sia i valori ottimi che i valori effettivi medi:

- Manifatturiero (85% vs 60%)
- Processo (90% vs 68%)
- Metallurgico (75% vs 55%)
- Cartario (95% vs 70%)

In sintesi, l'OEE è un KPI in grado di monitorare l'efficienza delle linee di produzione o delle singole risorse produttive. Tutti i dati gestiti dal sistema possono essere utili per apportare azioni correttive e progetti di miglioramento.

Per aumentare l'OEE, quindi l'efficienza produttiva, è necessario identificare ed affrontare le cause delle perdite. Sia la raccolta dei dati sia l'analisi accurata degli stessi sono fattori cruciali per una corretta analisi dell'OEE. È fondamentale comprendere a fondo tutte le cause sottostanti alle perdite che emergono tramite la lettura dell'OEE.

Uno dei metodi più diffusi risulta essere l'analisi delle cause radice, conosciuta anche come "*Root Cause Analysis*" (RCA). È un processo analitico che, attraverso l'analisi dettagliata delle cause rilevanti, permette di indentificare il principio della causa visibile, con l'intento di comprendere il più possibile da essa, per poi applicare soluzioni che siano in grado di risolvere il problema. In generale, la RCA è uno strumento molto utile per identificare in maniera puntuale le cause e, adottando soluzioni mirate a risolvere la causa radice, permette di eliminare il problema all'origine.

A supporto dell'analisi delle cause radice, spesso viene utilizzato il diagramma di Pareto (Barbieri, A., 2021), strumento di visualizzazione dei dati che aiuta ad identificare e prioritizzare le cause principali di un problema o di un insuccesso. Basato sul principio della regola del 80/20, afferma che circa l'80% degli effetti proviene dal 20% delle cause. Il grafico mostra le frequenze o le percentuali delle diverse categorie di un problema in ordine decrescente, evidenziando le cause più significative che influenzano il risultato. L'analisi aiuta a concentrare gli sforzi sulla risoluzione dei problemi più impattanti per massimizzare l'efficienza e migliorare i risultati complessivi.

Nella *tabella 1* e in *Figura 25* è riportato un esempio rappresentativo di un diagramma di Pareto. Si noti come effettivamente il 20% delle cause di fermo macchina corrispondano all'80% delle ore di fermo sul totale (*vedi tabella 1*).

Causa	Ore di fermo	% sul totale	% cumulata
Causa 1	191,5	28,88%	28,88%
Causa 2	152,5	23,00%	51,88%
Causa 3	121,65	18,35%	70,23%
Causa 4	68,65	10,35%	80,59%
Causa 5	31,556	4,76%	85,34%
Causa 6	18,552	2,80%	88,14%
Causa 7	14,532	2,19%	90,33%
Causa 8	13,25	2,00%	92,33%
Causa 9	12,68	1,91%	94,25%
Causa 10	10,25	1,55%	95,79%
Causa 11	9,28	1,40%	97,19%
Causa 12	5,216	0,79%	97,98%
Causa 13	4,254	0,64%	98,62%
Causa 14	2,98	0,45%	99,07%
Causa 15	1,882	0,28%	99,35%
Causa 16	1,76	0,27%	99,62%
Causa 17	0,99	0,15%	99,77%
Causa 18	0,76	0,11%	99,88%
Causa 19	0,54	0,08%	99,96%
Causa 20	0,24	0,04%	100,00%

Tabella 1 - Dati per Esempio di Diagramma di Pareto

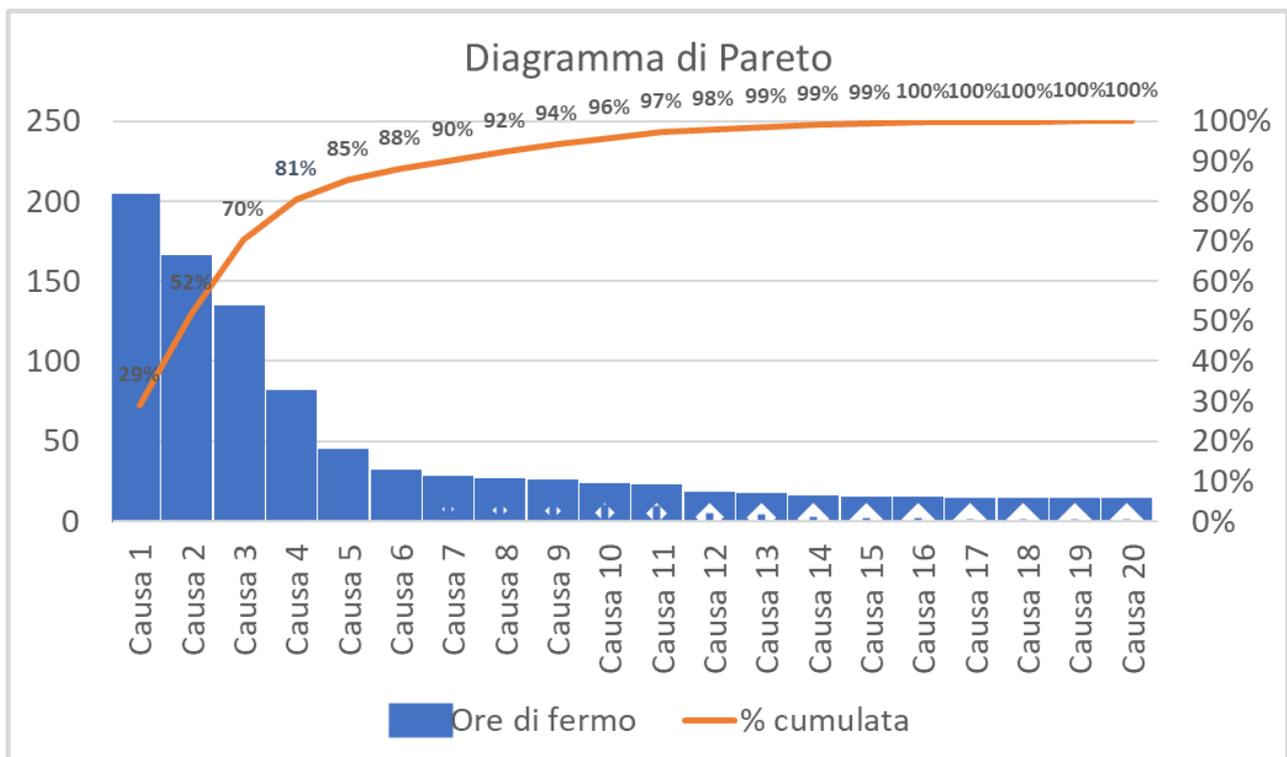


Figura 24 – Esempio di Diagramma di Pareto

La combinazione dell'OEE e degli strumenti appena descritti rappresentano delle soluzioni funzionali per fornire indicazioni concrete, al fine di migliorare i processi produttivi.

Per facilitare l'implementazione dell'OEE, è consigliabile utilizzare un approccio sistematico composto da sette passaggi:

- *Definizione degli obiettivi*: è necessario stabilire obiettivi di OEE chiari e misurabili per ciascuna linea/risorsa produttiva.
- *Scegliere le attrezzature*: identificare le attrezzature più critiche per il successo aziendale e concentrarsi su quelle per l'implementazione iniziale dell'OEE. Non tutte le linee e le risorse produttive devono essere monitorate tramite l'OEE. Infatti, spesso, l'applicazione dell'*Overall Equipment Effectiveness* è preferibile sulle risorse più all'avanguardia e dotate delle corrette tecnologie per facilitare la raccolta dei dati di interesse e i calcoli.
- *Raccogliere dati accurati*: è indispensabile implementare sistemi di raccolta dati affidabili per monitorare le prestazioni delle attrezzature in modo continuo. A tal proposito, è molto importante il coinvolgimento dei dipendenti, specie nelle aree in cui è richiesta una interazione tra il sistema stesso e gli operatori.
- *Calcolare l'OEE*: le formule descritte in precedenza devono essere applicate in maniera puntuale e sistematica. I dati gestiti serviranno a identificare le aree di miglioramento.
- *Analizzare le cause principali*: dal calcolo dell'OEE si procede con l'individuazione delle cause alla radice delle perdite di OEE per sviluppare piani di azione per eliminarle.
- *Implementare soluzioni*: applicare le soluzioni identificate per migliorare le prestazioni delle attrezzature e l'OEE complessivo.
- *Monitorare e sostenere*: l'OEE è un indicatore che richiede di essere monitorato continuamente per comprendere a fondo i dati raccolti e le relative cause di perdita. Per sostenere i miglioramenti ottenuti, bisogna formare correttamente i dipendenti in modo da ottenere dati sempre più accurati, al fine di alimentare il processo di *continuous improvement*.

2.1.1. Esempio esplicativo calcolo OEE: l'Overall Equipment Efficiency in un centro produttivo della Ford

Nel presente paragrafo viene riportato l'esempio di calcolo dell'Overall Equipment Efficiency (OEE) basato su un caso reale di Ford. I dati di tale esempio offrono ulteriori dettagli sul procedimento di calcolo di questo importante indice. Con l'occasione è utile confrontare le nomenclature di tempi ed indicatori proposte nel capitolo con quelle effettivamente adottate nella multinazionale. In letteratura non esiste una piena convergenza sulle terminologie utilizzate; è quindi opportuno fare sempre riferimento alle formule di calcolo specificamente impiegate, al fine di evitare possibili fraintendimenti. (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

Availability

1. Tempo disponibile lordo (*total available time*) = 3 turni • 8 ore = 24 ore = 1440 minuti
Fermate programmate (*planned downtime*) = (30 minuti pranzo + 15 minuti pause) • 3 turni = 135 minuti
2. Tempo disponibile netto (*loading time*) = tempo disponibile lordo - fermate programmate = 1305 minuti
Downtime losses (*unplanned downtime*) = 250 minuti
3. Tempo effettivo di lavorazione (*actual operating time*) = tempo disponibile netto - *downtime losses* = 1055 minuti

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{tempo effettivo di lavorazione}}{\text{tempo disponibile netto}} = \frac{1055}{1305} = 80,8\%$$

Performance

Totale codici realizzati (*total parts run*) = 2004 pezzi

Tempo ciclo standard (*ideal cycle time*) = 30 secondi = 0,5 minuti

$$\text{d) Prestazione di efficienza} = \frac{\text{tempo standard di output lordo}}{\text{tempo effettivo di lavorazione}} = \frac{2004 \cdot 0,5}{1055} = 95\%$$

Speed losses (missing in action time) = tempo effettivo di lavorazione - tempo standard di output lordo = tempo effettivo di lavorazione - (totale codici realizzati • tempo ciclo standard) = 1055 - (2004 • 0,5) = 53 minuti

Quality

Totale difetti (*scrap and rework*) = 78 pezzi

$$\text{Qualità} = \frac{\text{tempo standard di output netto}}{\text{tempo standard di output lordo}} = \frac{\text{tempo ciclo standard} \cdot \text{pezzi buoni}}{\text{tempo ciclo standard} \cdot \text{pezzi realizzati}}$$

$$\text{Qualità} = \frac{\text{pezzi realizzati} - \text{scarti e rilavorati}}{\text{pezzi realizzati}} = \frac{2004 - 78}{2004} = 96,1\%$$

Overall Equipment Efficiency (OEE)

$$\text{OEE} = \text{Availability} \cdot \text{Performance} \cdot \text{Quality} = 80,8\% \cdot 95\% \cdot 96,1\% = 73,8\%$$

Il valore di 73,8% dell'OEE è abbastanza lontano dal valore ottimo in ambito manifatturiero prima citato dell'85%. Se si confrontano i valori dei tre singoli indici componenti dell'OEE con i loro valori ottimi (rispettivamente del 90%, 95% e 99%) si nota che l'indice più carente è quello della disponibilità. I 250 minuti di fermi macchina impreveduti pesano molto in negativo. Se si immaginasse con un piano di miglioramento di poterli ridurre ad esempio a 150 minuti (riduzione del 40%), il tempo effettivo di lavorazione effettivo salirebbe a 1155 minuti, la disponibilità a $1155/1305 = 88,5\%$ e l'OEE a 80,8%.

3. Digitalizzazione e Industria 4.0

Nel corso dei secoli, l'intero mondo industriale ha attraversato trasformazioni radicali, che hanno generato un costante processo di evoluzione (vedi Figura 25).

Ripercorrendo brevemente la storia delle rivoluzioni industriali, la prima si è concretizzata alla fine del XVIII secolo, caratterizzata dall'impiego di macchinari azionati da energia meccanica. Tale progresso è stato reso possibile dall'introduzione della potenza del vapore, permettendo il funzionamento degli stabilimenti produttivi dell'epoca. Successivamente, intorno al 1870, le realtà produttive si sono evolute con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio. In questo periodo, la produzione divenne di massa, soprattutto grazie all'avvento delle catene di montaggio. La terza rivoluzione industriale si registra nei primi anni '70 con l'invenzione dei primi robot industriali e dei computer. L'utilizzo dell'elettronica e dell'IT ha favorito l'automazione industriale a supporto della produzione. Oggi si parla di quarta rivoluzione industriale, detta anche "Industria 4.0", in quanto la produzione è fortemente basata sulla connessione tra sistemi fisici e digitali e la grande quantità di dati gestibili permette complesse analisi (*Big Data Analysis*) ed adattamenti in *real-time*. Le risorse produttive sono sempre più performanti, interconnesse con i sistemi produttivi e collegate ad internet.

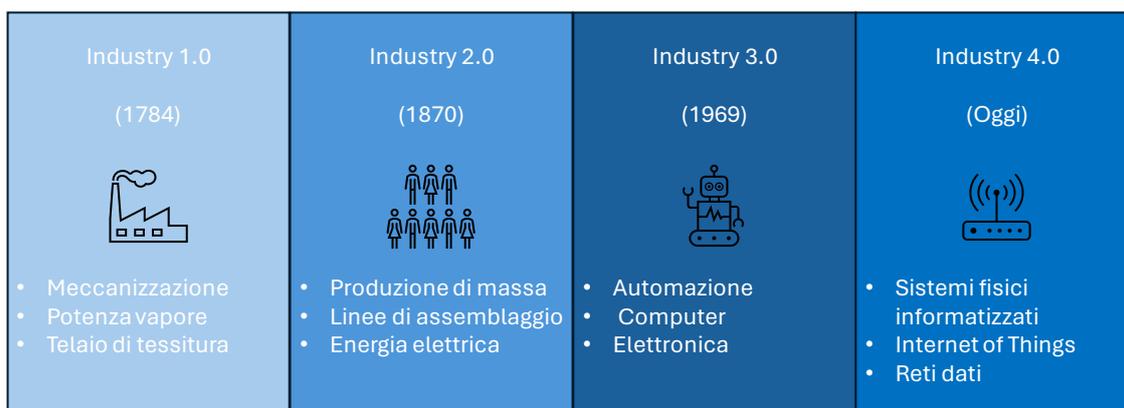


Figura 25 – Industria 4.0 | L'era della quarta rivoluzione industriale

3.1. I principi dell'Industria 4.0

Il termine “*Industry 4.0*” è stato coniato in Germania nel 2011, quando il governo tedesco ha presentato un progetto per rinnovare il sistema produttivo tedesco e renderlo più competitivo. La maggior parte degli studiosi ritiene che l'era dell'Industria 4.0 non sia una vera e propria rivoluzione, bensì una evoluzione della terza rivoluzione industriale, la rivoluzione digitale. Infatti, mentre la terza rivoluzione industriale si concentrava sull'automazione delle macchine e dei processi, l'Industria 4.0 mira a digitalizzare anche tutti i processi subordinati alla produzione stessa, comunque indispensabili. In questo modo, si combina il mondo fisico ed il mondo virtuale, creando un ecosistema totalmente digitale, con l'intento di supportare il *management* nelle decisioni strategiche di *business*.

La trasformazione digitale è un processo che si basa su alcuni principi fondamentali, che possono essere riassunti come segue:

- **Interconnessione:** i vari sistemi e componenti dell'azienda devono essere interconnessi tra loro, in modo da poter scambiare dati ed informazioni in tempo reale
- **Virtualizzazione:** è possibile creare una rappresentazione virtuale dell'azienda, che può essere utilizzata per simulare scenari e testare nuove soluzioni
- **Decentralizzazione:** i sistemi intelligenti possono assumere decisioni autonomamente, senza la necessità di un intervento umano
- **Interazione da remoto:** è possibile interagire con l'azienda da qualsiasi luogo, in *real-time*
- **Elaborazione in tempo reale:** i dati devono essere elaborati in tempo reale, in modo da poter prendere decisioni immediate
- **Modularità:** l'azienda deve essere modulare, per poter essere facilmente adattata alle esigenze del mercato
- **Orientamento al servizio:** l'azienda deve offrire servizi, oltre ai prodotti
- **Sostenibilità:** l'azienda deve essere sostenibile, dal punto di vista ambientale e sociale
- **Interoperabilità:** l'azienda deve essere interoperabile con altre aziende, in modo da poter creare reti e collaborazioni

Tali principi sono fondamentali per comprendere il concetto di Industria 4.0.

Tra gli ideali dell'*Industry 4.0* è necessario citare il concetto di “*Smart Factory*”, ovvero il modello di fabbrica intelligente che si basa su tre pilastri:

- *Smart production:* tecnologie produttive innovative che armonizzano e migliorano il lavoro e la collaborazione tra tutti gli elementi della produzione
- *Smart services:* infrastruttura informatica che permette l'integrazione tra i vari sistemi produttivi attraverso lo scambio di dati sia sullo stesso livello (orizzontale) che verticale
- *Smart energy:* utilizzo di energia da fonti rinnovabili e sistemi sempre più evoluti che abbassano il consumo di energia

Con “Industria 4.0” si intende un vero e proprio modello di produzione e gestione aziendale. Tra gli elementi distintivi del fenomeno, il Ministero dello Sviluppo Economico (Mise) cita la “connessione tra sistemi fisici e digitali, analisi complesse attraverso *Big Data* e adattamenti *real-time*”. Si fa riferimento all’utilizzo di macchinari connessi al Web, capaci di gestire una quantità spropositata di dati, permettendo un’analisi delle informazioni ricavate dalla Rete per gestire in maniera più flessibile il ciclo produttivo. Come descritto dal *Ministero dello Sviluppo Economico (2018)* nel *Piano Nazionale Industria 4.0*, esistono diverse tecnologie abilitanti all’Industria 4.0.

Di seguito vengono riportati i 9 pilastri alla base dell’Industria 4.0, descritti per la prima volta dal Boston Consulting Group nell’articolo "*Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*", pubblicato nel 2015. (Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M., 2015).

Advanced Manufacturing Solutions: robot collaborativi interconnessi e rapidamente programmabili. I robot stanno diventando sempre più intelligenti, flessibili e collaborativi. Questi cambiamenti comportano una maggiore collaborazione tra gli esseri umani e i robot nelle catene di produzione. La quale può portare a diversi vantaggi, tra cui un aumento della produttività, un miglioramento della qualità e una riduzione dei costi.

Additive Manufacturing: stampanti 3D connesse a software di sviluppo digitali. La manifattura additiva, o stampa 3D, è una tecnologia che consente di creare oggetti tridimensionali partendo da un file digitale. Questa tecnologia consente di utilizzare solo il materiale necessario per creare l’oggetto, riducendo gli sprechi ed i costi. La stampa 3D è una tecnologia emergente che sta rapidamente diventando più accessibile e diffusa.

Augmented Reality: realtà aumentata a supporto dei processi produttivi (vedi Figura 26). La realtà aumentata (AR) è una tecnologia che consente di aggiungere elementi virtuali al mondo reale consentendo di migliorare l’efficienza e la sicurezza delle aziende. L’*augmented reality* è una tecnologia che sta cambiando il mondo industriale, ed il suo impatto sarà ancora maggiore nei prossimi anni.

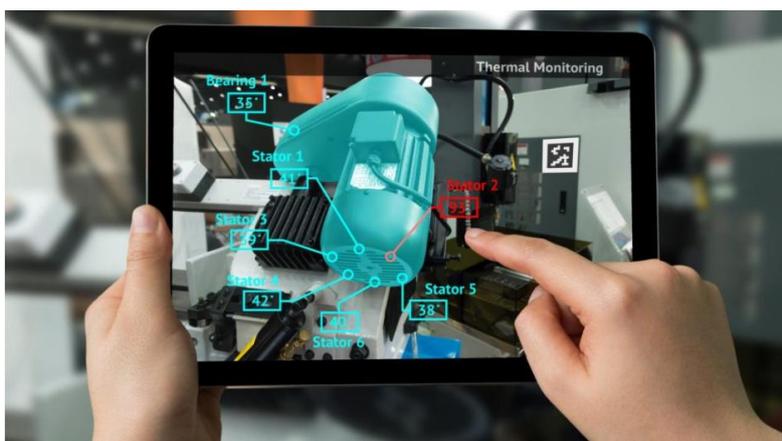


Figura 26 - Augmented Reality
(Fonte: techcompany360.it)

Simulation: simulazione tra macchine interconnesse per ottimizzare i processi. La simulazione nell'Industria 4.0 si basa sull'utilizzo di strumenti virtuali in 3D per creare una replica digitale di un prodotto, di un materiale o di un processo produttivo, che viene utilizzata per testare il prodotto o il processo in modo sicuro e senza rischi, prima che vengano realizzati nella realtà fisica. L'obiettivo della simulazione è quello di migliorare la qualità del prodotto o del processo, riducendo i tempi di messa in opera ed il rischio di errori.

Horizontal/Vertical Integration: integrazione di informazioni lungo la catena del valore dal fornitore al consumatore. L'integrazione dei sistemi e dei dati non riguarda solo l'interno dell'azienda, ma anche la catena di distribuzione, ovvero le relazioni con i clienti ed i fornitori. Questa integrazione consente di migliorare l'efficienza e la collaborazione tra le diverse aziende, con benefici per tutti i soggetti coinvolti. Per ottenere una completa integrazione, è necessario combinare le tecnologie informatiche, che consentono di unificare le diverse unità dell'azienda, con quelle operazionali, riferite al lavoro manifatturiero. La convergenza di queste due tipologie di tecnologie è necessaria per ottenere la desiderata efficienza delle imprese, con conseguente riduzione dei costi e aumento della competitività. L'integrazione dei sistemi e dei dati è una delle caratteristiche fondamentali dell'Industria 4.0.

Industrial Internet of Things: comunicazione multidirezionale tra processi produttivi e prodotti. L'Internet of Things (IoT) è una tecnologia che consente di connettere dispositivi diversi tra loro, inclusi macchinari, persone ed oggetti. Questa tecnologia è fondamentale per l'Industria 4.0, in quanto consente di migliorare l'efficienza e la produttività delle aziende. Nell'ultimo decennio l'IoT ha causato un impatto significativo sul mondo industriale, in quanto ha contribuito e contribuisce tuttora, a creare nuovi modelli di business e a migliorare la competitività delle aziende.

Cloud: gestione di elevate quantità di dati su sistemi aperti (vedi Figura 27). Il *cloud computing* è una tecnologia che consente di accedere a risorse informatiche, come *server*, *storage* ed applicazioni, in modo flessibile e *on demand*. Tale tecnologia permette una maggiore flessibilità in quanto le risorse cloud possono essere aggiunte o rimosse in modo semplice e rapido, in base alle esigenze dell'utente. Inoltre, migliora anche l'accessibilità, in quanto le risorse *cloud* possono essere accessibili da qualsiasi luogo con una connessione Internet. D'altro canto, i principali limiti si riferiscono alla sicurezza dei dati archiviati, che potrebbero essere esposti a rischi, e anche la disponibilità delle risorse cloud potrebbe essere limitata in caso di problemi con l'infrastruttura del *cloud provider*. Con l'avvento dell'Industria 4.0, il *cloud computing* è destinato a svolgere un ruolo sempre più importante nelle attività produttive.

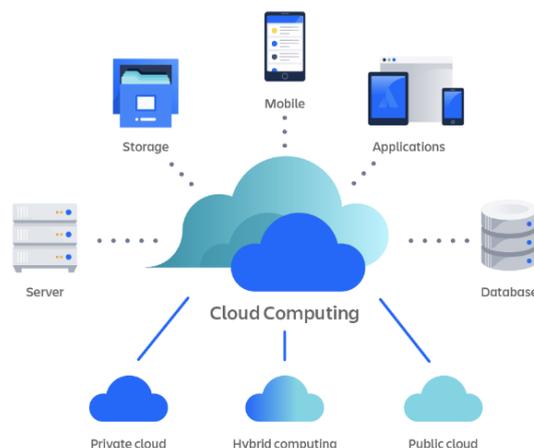


Figura 27 - Cloud Computing
(Fonte: Atlassian, 2024)

Cyber-security: sicurezza durante le operazioni in rete e su sistemi aperti. L'aumento della connettività tra dispositivi nell'Industria 4.0 comporta un aumento del rischio di attacchi informatici. Per affrontare tale minaccia, le aziende devono adottare misure di sicurezza rigorose, come canali di comunicazione affidabili e sistemi di accesso sofisticati. La *cybersecurity* è l'insieme delle tecnologie e delle pratiche che proteggono i sistemi informatici da attacchi che possono causare la perdita o la compromissione di dati sensibili.

Big Data and Analytics: analisi di un'ampia base dati per ottimizzare prodotti e processi produttivi. L'acquisizione e l'utilizzo di questi dati rappresentano una sfida importante per gli analisti ed i manager, che devono essere in grado di utilizzarli per prendere decisioni efficaci, sia a breve che a lungo termine. I dati raccolti nell'ambito dell'Industria 4.0 sono chiamati "*Big Data*" per la loro enorme quantità e diversità. Per poterli utilizzare efficacemente, è necessario adottare tecnologie innovative per la raccolta e la gestione dei dati. Una gestione funzionale di Big Data può consentire alle aziende di identificare modelli di comportamento dei clienti e dei processi produttivi, e di utilizzare queste informazioni per ottimizzare i processi e migliorare la produttività.

4. Sistemi informativi aziendali

“Un sistema informativo (SI, o Information System, IS) è un sistema che memorizza ed elabora informazioni utilizzate per il funzionamento di una organizzazione.” (Corno, F., & Torchiano, M., 2021)

Un SI gestisce informazioni utilizzate per supportare alcune delle attività svolte all'interno di un'organizzazione, come ad esempio il supporto alle decisioni, il controllo e il monitoraggio dei processi e l'esecuzione delle attività primarie dell'azienda, come la produzione o l'erogazione di servizi.

Un sistema informativo consiste in:

- Componente Hardware
- Componente Software
- Componente tecnica (know-how)
- Componente organizzativa

Per una descrizione accurata di un sistema informativo, è essenziale adottare molteplici punti di vista. È fondamentale delineare l'ambiente in cui opera un sistema informativo, contestualizzarlo all'interno dell'organizzazione in cui viene utilizzato e, soprattutto, analizzare attentamente i dati che devono essere gestiti (vedi Figura 28).

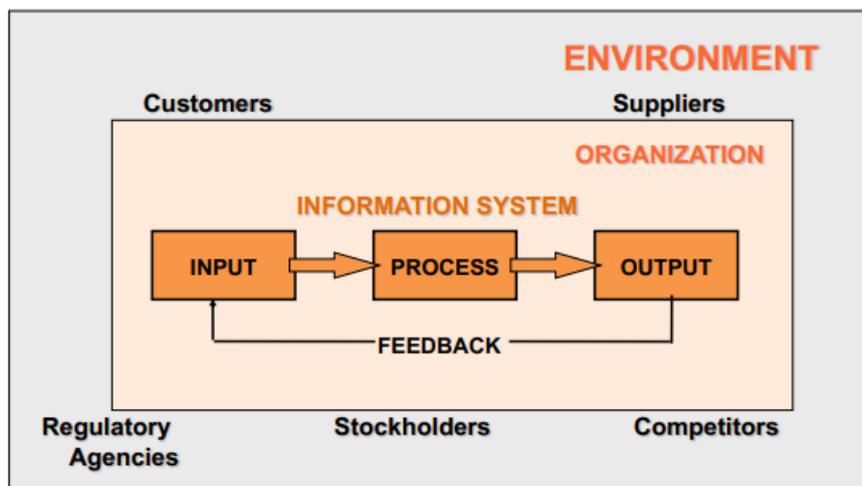


Figura 28 - Il contesto in cui si inserisce il sistema informativo
(Fonte: Corno, F., & Torchiano, M., 2021)

“Un sistema informativo è un insieme di elementi correlati che lavorano assieme per raccogliere, elaborare, immagazzinare e disseminare informazioni a supporto di decisioni, coordinamento, controllo e analisi all'interno di un'organizzazione”. (Corno, F., & Torchiano, M., 2021)

Dunque, per definire un sistema informativo è necessario identificare correttamente tre aspetti:

- *Input*: dati grezzi che vengono raccolti all'interno dell'organizzazione
- *Elaborazione*: operazioni di trasformazione, aggregazione ed immagazzinamento svolte sulle informazioni al fine di ottenere l'output richiesto
- *Output*: risultati della trasformazione dei dati di input, informazioni elaborate

Un sistema informativo può essere rappresentato da diversi punti di vista (per la trattazione corrente, si consideri il livello decisionale). Tramite la gestione di tutte le attività, il sistema informativo contiene in sé tutti i dati in aggregato. Tali dati possono quindi essere analizzati al fine di ricavare degli indicatori di sintesi che permettono di prendere decisioni, *Key Performance Indicator (KPI)*. Quindi il sistema informativo fornisce un valido supporto ai processi decisionali. (Corno, F., & Torchiano, M., 2021)

4.1. Famiglie di sistemi informativi (ERP & MES)

Nello sviluppo di un sistema informativo è necessario comprendere a fondo le esigenze degli *stakeholders* per costruire un prodotto che sia in grado di soddisfare tutte le richieste. Sebbene ogni organizzazione sia caratterizzata da proprie peculiarità, è frequente che le esigenze, almeno a livello macroscopico, possano essere simili, se non identiche, anche in organizzazioni e contesti diversi. La scalabilità e la ripetibilità permettono di utilizzare sistemi informativi in contesti anche molto differenti tra loro, ma con processi aziendali simili.

Si possono identificare delle tipologie, o famiglie, di sistemi informativi che supportano specifiche categorie di processi aziendali. Spesso queste famiglie di SI corrispondono a tipologie di prodotti offerti sul mercato a tutte le aziende che abbiano delle esigenze compatibili. Si trovano dei pacchetti completi, pronti all'utilizzo e installabili senza richiedere particolari modifiche, fino a prodotti altamente complessi che richiedono un'accurata personalizzazione per essere adattati specificamente alle esigenze aziendali.

La piramide di Anthony (vedi Figura 29), sviluppata dall'economista statunitense Robert Anthony nel suo libro "Planning and Control Systems" (DEGOS, J. G., 2016, Anthony, RN, 1965), è un modello gerarchico che classifica i processi aziendali in tre livelli: strategico, gestionale ed operativo.

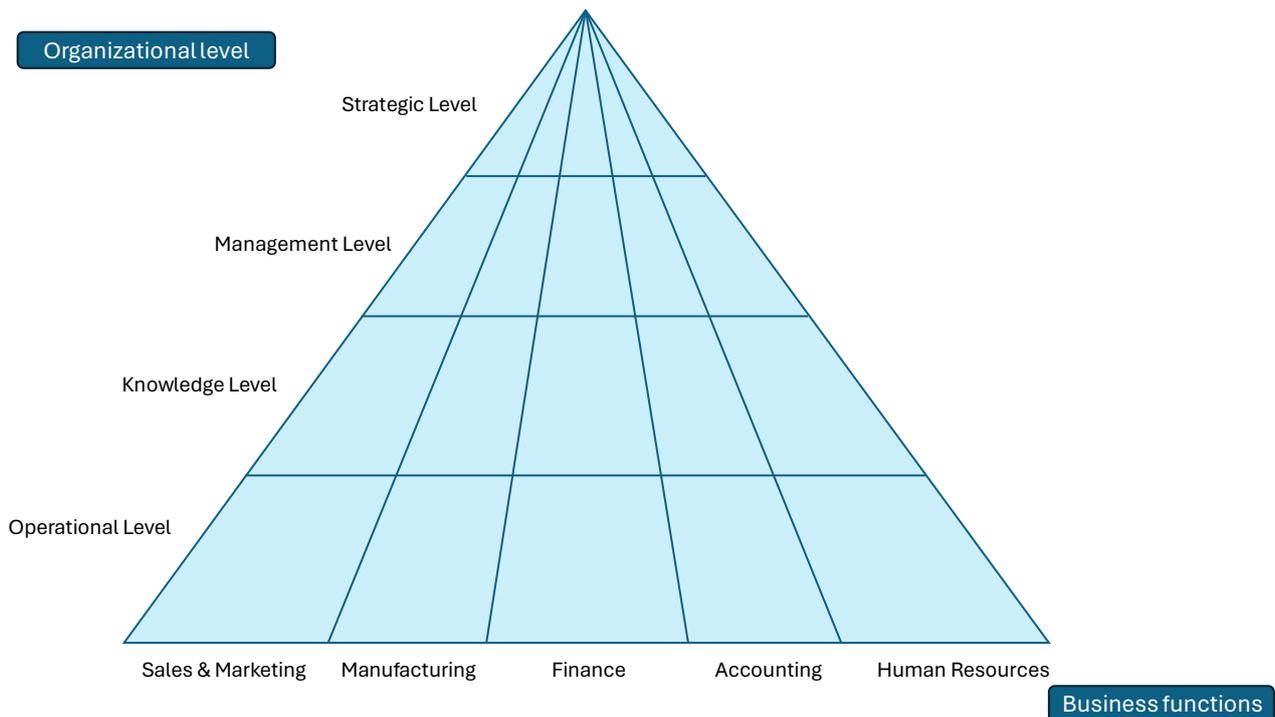


Figura 29 - Piramide di Anthony

I livelli organizzativi rappresentati nella piramide di Anthony (Figura 26) in ordine ascendente, dal basso verso l'alto, sono:

- **Operativo:** si occupa di eseguire le attività quotidiane necessarie per il funzionamento dell'azienda. È caratterizzato da un'elevata frequenza di operazioni e da elevate quantità di dati. Questo livello si occupa della gestione di transazioni ed eventi, noti generalmente come "Transaction Processing Systems" (TPS).
- **Knowledge level:** attività preliminari necessarie a svolgere le attività operative in senso stretto (fisiche) riguarda principalmente la progettazione e pianificazione, movimentazione di informazioni, attività accessorie (non ha posizione gerarchica). Si tratta di un livello trasversale.
- **Gestionale:** rappresenta le attività di gestione dei processi (svolti al livello operativo). È caratterizzato da una frequenza di attività più lenta e da una quantità di informazioni fornite ai manager più sintetica, spesso derivante dall'aggregazione dei dati utilizzati a livello operativo e da indicatori. Prettamente è utilizzato per il monitoraggio, inteso come osservazione, raccolta dati, e controllo (azione). Il livello gestionale converte gli obiettivi strategici in azioni concrete definendo obiettivi e budget per i vari reparti aziendali, elaborando piani produttivi, supervisionando l'allocazione delle risorse e monitorando i risultati ottenuti.
- **Strategico:** rappresenta le attività di indirizzo strategico dell'organizzazione (o di sue parti). È caratterizzato da un periodo di lavoro decisamente più lungo degli altri, da quantità di indicatori forniti ai propri utenti (manager di alto livello) ancora più ridotte ed informazioni più astratte. Il livello strategico si occupa di definire gli obiettivi a lungo termine dell'azienda e di sviluppare le strategie per raggiungerli. Alcuni esempi di attività svolte a questo livello possono essere la definizione della *mission* e della *vision* aziendale, lo sviluppo di obiettivi e di strategie, la pianificazione degli investimenti, l'analisi di mercato e della concorrenza.

La piramide di Anthony è un modello utile per comprendere come i diversi livelli dell'azienda interagiscono tra loro. Essa può essere utilizzata per migliorare la comunicazione e il coordinamento tra i diversi reparti, oltre che per garantire che le decisioni prese ad uno specifico livello siano coerenti con gli obiettivi dell'azienda.

Nella trattazione corrente, si approfondisca il livello gestionale, ove si concretizzano tutte le attività riguardanti i processi di controllo. Mentre a livello operativo i dati risultano semplici e il controllo è di tipo continuo, a livello di management i dati sono aggregati e il controllo è periodico, con la possibilità di accedere ad uno storico dei dati.

Il modello SCOR (*Supply Chain Operations Reference*), risulta essere uno degli approcci migliori per rappresentare gli Enterprise Systems¹⁶ in ambito manifatturiero. È stato sviluppato nel 1996 dal *Supply-Chain Council* (Council, S. C., 2007), un'associazione indipendente composta da oltre mille aziende e organizzazioni interessate all'innovazione organizzativa e tecnologica in ambito Supply Chain Management.

Lo SCOR sviluppa il modello considerando cinque macro-processi gestionali (vedi Figura 30): un processo di *Plan* che sovrintende quattro processi esecutivi (*Source, Make, Deliver, Return*). Attraverso tale rappresentazione, il modello SCOR descrive la *Supply Chain* in modo scalabile, dai casi più semplici alle situazioni più evolute.



Figura 30 - Macro-processi del modello SCOR
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

¹⁶ Enterprise Systems: sistemi informatici sviluppati per le aziende

All'interno del *Supply Chain Planning* si individuano i seguenti moduli (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018):

- *Demand Planning*, che comprende il processo di elaborazione (*Forecasting*) e definizione delle previsioni di vendita;
- *Sales & Operation Planning*, processo inter-funzionale fra l'area commerciale e l'area produttiva per la condivisione di piani di domanda sostenibili da un punto di vista logistico-produttivo;
- *Inventory Management*, processo orientato alla definizione dei piani di reintegro delle scorte di magazzino sulla base di previsioni di consumo, livelli di servizio attesi e disponibilità dinamica degli articoli considerati;
- *Master Production Schedule*, per la definizione del piano principale di produzione;
- *Material Requirements*, per l'elaborazione e pianificazione dei fabbisogni di materiali;
- *Planning & Scheduling*, per l'allocazione della capacità delle risorse in reparto (impianti, macchine e manodopera) sulla base dei piani di produzione elaborati;
- *Order Promising*, processo per l'analisi di evadibilità delle nuove richieste provenienti sotto forma di ordini cliente.

All'interno del *Supply Chain Execution* sono riportati i moduli di gestione operativa:

- *Purchasing*, che individua le attività orientate all'acquisizione di materiali e componenti e la conseguente gestione dei fornitori;
- *Manufacturing Management*, orientato al presidio di tutti i processi che interessano gli ordini di lavorazione (generazione, rilascio, modifica, chiusura);
- *Demand Fulfillment*, processo che si occupa della gestione operativa degli ordini cliente, dal ricevimento sino alla completa evasione;
- *Warehouse Management*, per il governo di tutti i processi di magazzino (accettazione, versamento, prelievo e spedizione);

I moduli del *Supply Chain Control* intervengono a livello operativo, ma con uno specifico orientamento al monitoraggio e al controllo delle attività in reparto:

- *Shop Floor Data Acquisition*, per il recupero real-time e l'elaborazione delle informazioni relative all'avanzamento delle lavorazioni;
- *Material Handling & Traceability*, per la tracciabilità di prodotto e di processo, gestione della qualità e monitoraggio di tutti gli eventi lungo il flusso logistico-produttivo.

Di seguito vengono descritte le principali soluzioni applicative all'interno degli Enterprise Systems, riportate nel libro "Sistemi di gestione della produzione" (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018):

- *ERP (Enterprise Resource Planning)*: suite applicativa che offre un'ampia copertura funzionale dei principali processi in ambito di *Supply Chain Planning* ed *Execution*, anche se su qualche modulo risultano più diffuse soluzioni software specializzate. Nel dettaglio, per *ERP*, tendenzialmente, si intende un sistema informativo che gestisce le attività a livello aziendale, che si occupa di varie attività di pianificazione e monitoraggio.
- *APS (Advanced Planning & Scheduling)*: Enterprise Systems, complementari ed integrabili alle soluzioni *ERP*, sviluppati specificatamente per supportare in modo efficiente, efficace e flessibile la pianificazione della capacità produttiva e dei fabbisogni dei materiali;
- *DP&IO (Demand Planning & Inventory Optimization)*: insieme di moduli che offrono un ulteriore grado di specializzazione (rispetto alle soluzioni *ERP* ed *APS*) nel supportare i

processi di elaborazione delle previsioni di vendita (*Forecasting*) e di ottimizzazione delle scorte (*Inventory Management*);

- *MES (Manufacturing Execution Systems)*: sistemi sviluppatisi storicamente a partire dalle prime esperienze *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*, mirati al monitoraggio e al controllo dei processi operativi all'interno degli impianti e reparti produttivi, interfacciati fisicamente con le macchine e integrabili con le soluzioni ERP ed APS;
- *WMS (Warehouse Management Systems)*: soluzioni applicative orientate in modo specifico alla gestione operativa dei principali processi logistici di magazzino (identificazione della merce e delle ubicazioni, ottimizzazione delle missioni per il prelievo e versamento, gestione abbassamenti, completa tracciabilità).

Infine, De Toni e Panizzolo (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018) affermano che “un elemento importante che influenza il rapporto di configurazione che si viene a creare nelle realtà manifatturiere fra i sistemi ERP e i sistemi APS/MES è rappresentato dalla dimensione aziendale”. Per questo motivo propongono un “*Maturity Model*”, al fine di analizzare nel dettaglio le possibili soluzioni per la pianificazione e il controllo della produzione (vedi Figura 31).

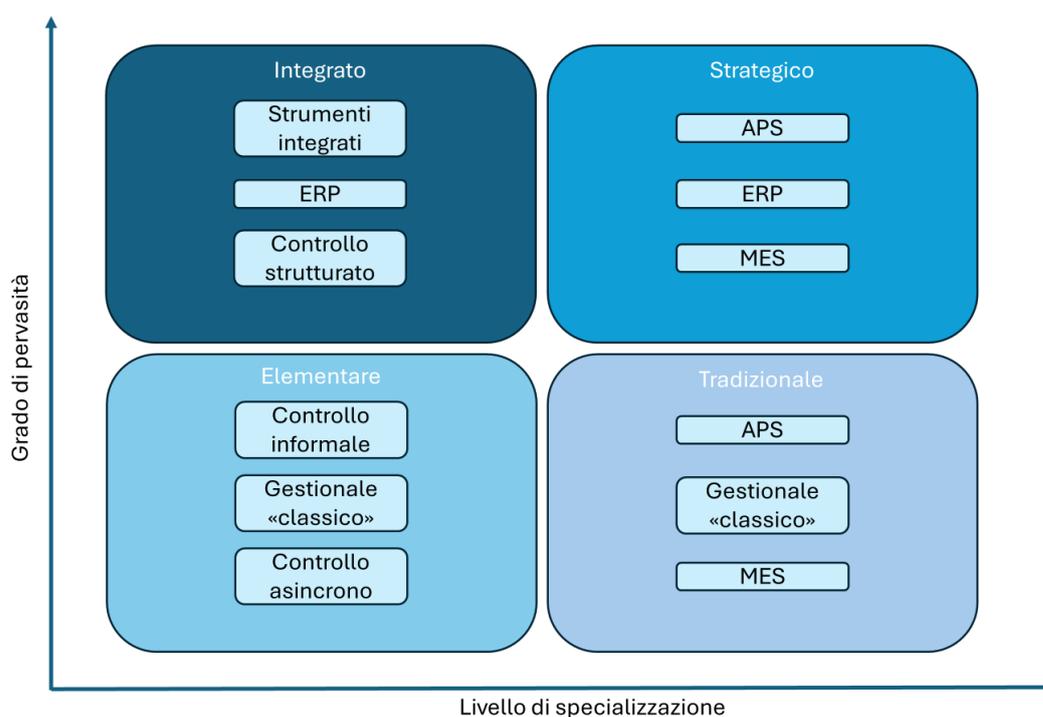


Figura 31 - Adozione di soluzioni per la pianificazione e il controllo della produzione: Maturity Model (Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

- *Modello “Elementare”*: si tratta della situazione tipica nella piccola e media azienda. I processi core sono governati da un sistema gestionale “classico”, implementato su pochi moduli indispensabili e spesso personalizzati per adattarsi al modello operativo dell’azienda. In controllo della produzione non è supportato da strumenti informatici e i dati di avanzamento dai reparti vengono compilati tipicamente su supporto cartaceo per poi essere inseriti in modo asincrono sul sistema gestionale. La pianificazione è spesso affidata all’iniziativa personale e realizzata tramite strumenti informali (soprattutto Microsoft Excel e Access), non integrati strutturalmente con il database gestionale.
- *Modello “Tradizionale”*: rappresenta spesso la pria tappa evolutiva nel processo di maturazione interno dell’azienda, una volta raggiunta la consapevolezza che le tematiche logistico-produttive richiedono di essere affrontate con strumenti mirati. Il sistema gestionale, pur mantenendo un ruolo centrale nei flussi operativi (emissione ordini di vendita e acquisto, gestione anagrafiche articoli ecc.), non viene messo in discussione, principalmente per questioni di budget e di impatto organizzativo. Vengono invece introdotte, ed integrate strutturalmente con il sistema gestionale, suite applicative per il controllo della produzione (MES) e per la pianificazione di risorse e materiali (APS).
- *Modello “Integrato”*: in alcuni casi, in particolare nella media e grande azienda, il percorso di maturazione parte dalla revisione dei processi organizzativi e degli strumenti a supporto, con conseguente modifica o nuova implementazione di un moderno sistema ERP. L’azione, focalizzata sui processi core, porta dunque a sviluppare i moduli per la pianificazione e il controllo della produzione all’interno della suite ERP stessa, anche se talvolta in modo personalizzato. Nel caso in cui permangano strumenti informali a supporto delle attività di programmazione e di dichiarazione degli avanzamenti in produzione, questi vengono nei limiti del possibile sofisticati per garantire un minimo di strutturazione ed integrazione verso il sistema ERP.
- *Modello “Strategico”*: identifica una configurazione di eccellenza, presente non necessariamente solo in aziende di grandi dimensioni. In questi casi il percorso di maturazione è testimoniato da una raggiunta duplice consapevolezza: da un lato l’importanza di affidare a un sistema solido e strutturato quale l’ERP le chiavi di una gestione integrata della conoscenza e dei processi aziendali; dall’altro il riconoscimento della strategicità di soluzioni specialistiche, quali APS e MES, per un presidio realmente efficiente dei flussi logistico-produttivi.

4.2. Il sistema MES (Manufacturing Execution System)

Si è deciso di dedicare un apposito capitolo alla descrizione del sistema informativo MES, in quanto, nei casi studio descritti al termine della trattazione teorica, esso svolge un ruolo fondamentale per l'implementazione di soluzioni innovative per il miglioramento della gestione della produzione, specie per l'applicazione del sistema di gestione di tipo Pull in un'area dello stabilimento produttivo EssilorLuxottica di Lauriano.

L'acronimo MES identifica un *Manufacturing Execution System*, ovvero un sistema di esecuzione della produzione. Si tratta di un software che automatizza ed integra le attività di produzione all'interno di un'azienda. Essi rappresentano soluzioni applicative in grado di gestire un insieme di attività operative all'interno dei reparti produttivi.

I sistemi MES nascono come risposta informatica alle tematiche di *Shop Floor Control*¹⁷, con l'obiettivo di agevolare e automatizzare la gestione degli avanzamenti, il controllo e il monitoraggio delle attività all'interno dell'azienda. In altre parole, tracciare tutte le operazioni, garantendo efficienza, efficacia e flessibilità nell'attuazione dei piani di produzione, tramite la gestione della mole di dati recuperati dalla produzione.

La rilevazione delle informazioni legate al ciclo produttivo è importante in quanto consente di migliorare l'efficienza della produzione, ridurre i costi e individuare eventuali problemi. Per raccogliere e gestire tali informazioni, le aziende utilizzano sistemi informatici specializzati, come il *Manufacturing Execution System* (MES). Il MES è un software che consente di gestire e controllare i processi produttivi nell'intero ciclo di vita del prodotto, dall'elaborazione dell'ordine di produzione fino alla realizzazione del prodotto finito. Inoltre, consente di monitorare le performance di produzione in tempo reale, identificare le criticità e proporre soluzioni per migliorare l'efficienza.

Il sistema MES è capace di mappare il processo in maniera molto più granulare rispetto ad un sistema ERP. Infatti, i sistemi ERP spesso si soffermano su informazioni di tipo macro, senza scendere nei dettagli operativi; mentre i sistemi MES sono in grado di tracciare tutti gli ordini di produzione e calcolare l'efficacia delle risorse (macchine o operatori), raccogliendo anche tutti i dati necessari al calcolo dell'OEE. In *Figura 32* è riportata la struttura logica e l'interconnessione tra i vari sistemi informativi che possono essere utilizzati in un qualsiasi contesto aziendale. In particolare, si noti che il MES svolga una funzione di comunicazione fondamentale tra le decisioni di alto livello e la gestione di tutte le informazioni che derivano al campo operativo.

Rispetto ai sistemi ERP, il sistema MES riesce a reagire in real-time con i reparti, scambiando informazioni utili e cruciali per la corretta gestione della produzione.

¹⁷ Lo *Shop Floor Control* (SFC) è un software che gestisce gli ordini di lavoro di produzione. Tiene traccia e programma le attività di lavoro eseguite in ambienti di produzione come gli stabilimenti, oltre a fornire agli utenti informazioni dettagliate su dipendenti, materiali e processi produttivi (capterra.it)

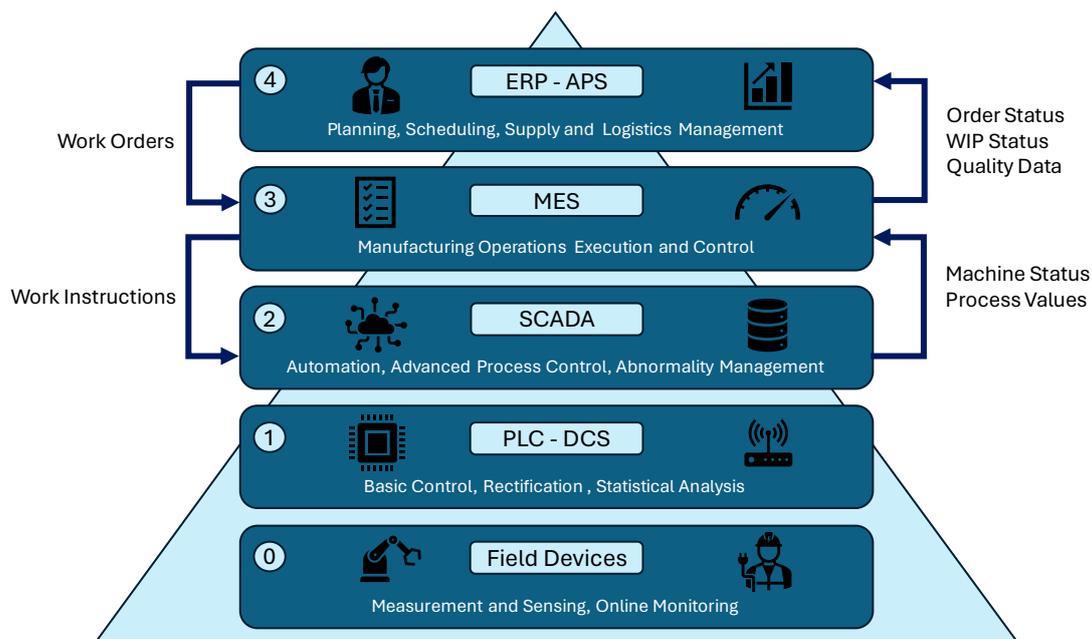


Figura 32 - Flusso logico-funzionale fra i sistemi informativi e sistemi di automazione industriale

Attingendo ai diversi contributi (in particolare da MESA¹⁸ (MESA, 2004) ed AMR Research (AMR Research, 1998), in *Figura 33* sono descritti i principali moduli funzionali in un sistema MES, organizzati secondo la prospettiva di 4 principali macro-processi:

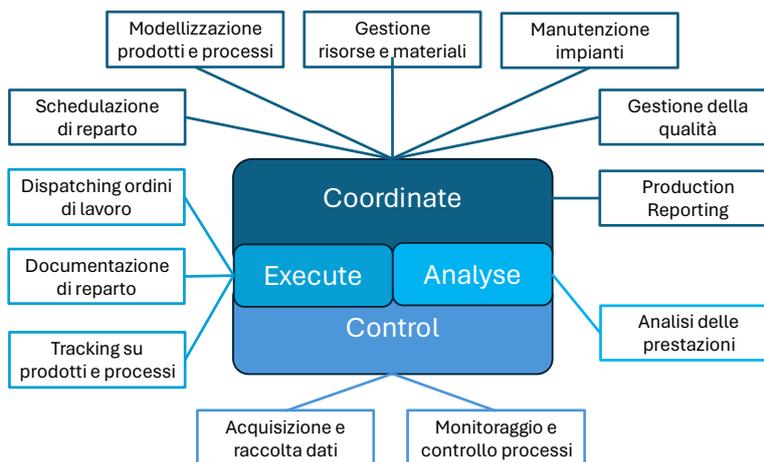


Figura 33 - Mappatura dei macro-processi e relativi moduli funzionali gestiti all'interno del sistema MES
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

¹⁸ Manufacturing Execution System Association, un'associazione di commercio che rappresenta gli sviluppatori e i venditori di sistemi MES e dei prodotti e servizi legati ad essi. Il MESA elabora e fornisce modelli che possano far convergere sotto un unico obiettivo le diverse figure presenti all'interno di un'azienda, in modo da migliorare la comprensione reciproca e le performance collettive.

- **Coordinate:** collegamento prezioso con i sistemi di livello 4 (ERP), con l'intento di trasferire nel sistema MES gli ordini di produzione e materiali da impiegare. Come risposta il MES fornisce i dati di avanzamento delle lavorazioni in reparto. I principali moduli a livello Coordinate riguardano la gestione risorse e materiali (con relative anagrafiche di prodotto e processo per inserire/modificare eventualmente in autonomia ordini di produzione, soprattutto in caso di fasi e rilavorazioni non previste), la gestione della qualità (comprensiva di piano delle ispezioni, compilazione documentazione tecnica e verifica degli scostamenti rispetto alle performance attese), la manutenzione impianti (ritarando gli interventi pianificati con gli effettivi consumi ed utilizzi).
- **Execute:** comprende tutte le attività che il MES governa direttamente sul campo, fornendo necessaria documentazione ad operatori e macchine (istruzioni operative, disegni, *part-program*), e gestendo il *dispatching real-time* delle attività da svolgere. A questo livello si colloca anche il *tracking* dei prodotti e processi, con conseguente alimentazione delle anagrafiche MES che garantiscono la completa tracciabilità in molti settori industriali.
- **Control:** rappresenta l'interfaccia verso i sistemi di automazione industriale (livello 2), preoccupandosi della raccolta dei dati dal campo (con validazione real-time degli stessi, integrati dalle dichiarazioni del personale) e del monitoraggio degli impianti (che comprende un controllo proattivo, grazie a sistemi di alerting che segnalano prontamente inefficienze e scostamenti).
- **Analyze:** realizza una sorta di business intelligence interna al sistema MES, permettendo di valutare le prestazioni del sistema produttivo attraverso analisi multidimensionali in grado di indagare ogni aspetto qualitativo e quantitativo relativo a impianti, macchine, personale, prodotti, attrezzature

Il modello internazionale MESA (MESA, 2004) identifica 10 processi che un sistema MES deve saper gestire:

- La pianificazione delle risorse di produzione
- La distribuzione della manodopera
- La gestione degli ordini e dei piani di produzione
- La raccolta manuale dei dati presi sul campo dagli operatori che dovranno essere analizzati e confrontati con i risultati e le *performance* obiettivo
- Il controllo dei dati e l'integrazione con la tecnologia, considerando sia i parametri caratteristici delle macchine sia le variabili legate alla componente umana.
- Il monitoraggio sugli avanzamenti di produzione: quantità, tempo, stato dell'ordine e rispetto delle scadenze
- Il controllo sulla qualità dei prodotti, sui versamenti a magazzino e sulle quantità a stock dei prodotti
- La tracciabilità dei prodotti finiti, ma anche dei semilavorati (WIP¹⁹) che permette, in caso di difetti e non conformità, di risalire più facilmente alla causa-origine del problema ed intervenire prontamente solo sulla parte interessata

¹⁹ WIP: l'acronimo WIP (*Work In Process*) identifica gli ordini, il numero di pezzi (o di lotti) che risultano ancora in fase di lavorazione all'interno di uno stabilimento produttivo. Quindi materiale in uscita da una fase di lavorazione del processo in attesa di essere processato da quella successiva.

- L'analisi dei tempi di inattività, andando a distinguere le attività produttive (cambio macchina, creazione di prove e prototipi, *training*) da quelle improduttive a non valore aggiunto (riparazioni, attrezzaggio macchina, selezione dei componenti, fermi guasto, pulizia del posto di lavoro, recupero materiale, movimentazione e trasporti, attesa componenti)
- L'analisi delle *performance* produttive, confrontando i dati della produzione effettiva con quelli previsti nel piano di produzione

In riferimento alla digitalizzazione e ai principi dell'industria 4.0, l'interconnessione delle macchine è una capacità significativa per il sistema MES. Le macchine produttive tecnologicamente avanzate possono essere connesse al sistema informativo e, in base alla tipologia, sono in grado di comunicare diversi tipi di dati. In generale, tutte le macchine collegate ad un sistema MES devono poter comunicare lo stato della macchina (produttiva, ferma, ecc.) e devono includere il conteggio dei pezzi prodotti. Solo alcune risorse sono programmate per comunicare anche gli allarmi macchina e altri parametri strettamente vincolati al processo produttivo.

Per utilizzare un sistema MES è necessario disporre di un'infrastruttura *hardware* e *software* adeguata. L'*hardware* necessario comprende i macchinari, dispositivi di produzione, server e apparecchiature di rete necessari per il funzionamento del software MES.

5. I principi della Lean Production

"La *Lean Production* è un sistema di produzione che elimina gli sprechi, elimina i tempi morti, ottimizza i flussi di lavoro e coinvolge i lavoratori per creare valore per i clienti." (Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D., 1990).

Nel libro "La macchina che ha cambiato il mondo", pubblicato nel 1990, Womack e Jones analizzano le differenze tra i sistemi di produzione delle aziende automobilistiche americane e giapponesi. Gli autori sostengono che le aziende giapponesi, in particolare Toyota, hanno ideato un sistema di produzione più efficiente ed innovativo, noto come "*Toyota Production System*" (TPS), fondato su cinque principi fondamentali (Aretena, 2017):

1. **Identify Value:** determinare il valore percepito dal cliente, ponendo il valore del cliente al primo posto. Nella produzione di beni o servizi, solo una piccola parte delle attività svolte aggiunge valore per il cliente. Per cliente non si intende solo colui che acquista il prodotto o servizio finale, ma anche chi opera all'interno dell'azienda. In tal senso, ipotizzando un flusso produttivo, ogni attività aziendale è cliente di quella precedente. Quindi, al fine di creare valore per il cliente, è fondamentale che le attività all'interno dell'azienda siano coordinate e che la comunicazione tra loro risulti efficace. È quindi importante definire chiaramente il valore del prodotto o del servizio dal punto di vista del cliente, in modo da poter eliminare le attività che non aggiungono valore. Inoltre, è necessario comprendere i reali bisogni del cliente e fornire un prodotto o servizio in grado di soddisfarli. In conclusione, il valore per il cliente deve essere la priorità assoluta di qualsiasi azienda.
2. **Map the Value Stream:** mappare tutte le attività del flusso, eliminando quelle che non determinano creazione di valore. In un mondo ideale solo le attività che aggiungono valore dovrebbero essere svolte, nella realtà molte delle attività svolte non sono a valore aggiunto, ma risultano comunque necessarie per lo svolgimento di quelle a valore aggiunto. Le attività che aggiungono valore (VA) sono tutte quelle attività che il cliente percepisce come tali e per le quali è disposto a pagare. Le attività che non aggiungono valore (MUDA) possono essere eliminate senza influire sul valore percepito dal cliente: ad esempio, la movimentazione, il controllo, il trasporto e l'immagazzinaggio sono tutte attività che possono essere considerate sprechi. Le attività che non aggiungono valore, ma che sono necessarie (NVAA) non conferiscono valore aggiunto, ma che devono essere svolte per permettere il corretto processo produttivo. In sintesi, il secondo principio della *lean production* mira a ridurre gli sprechi, migliorando l'efficienza e la produttività dell'azienda.
3. **Create flow:** creazione del flusso garantendo l'avanzamento regolare e corretto dei prodotti e servizi al cliente. I materiali e le informazioni devono scorrere in modo continuo attraverso il processo produttivo, senza interruzioni o ritardi. In particolare, le attività che creano valore, essendo prioritarie, devono svolgersi senza interruzioni, creando un vero e proprio "*flusso continuo*". Possibili fonti di discontinuità possono riguardare le attese, l'inefficienza dei fornitori, le rilavorazioni e gli attrezzaggi necessari all'avvio della produzione.

4. **Establish Pull:** organizzare la produzione secondo la logica *Pull*, l'intera produzione deve essere tirata dal cliente rispettando richieste e tempistiche. Le attività che creano valore devono essere avviate solo quando il cliente le richiede; in caso contrario, si rischia di generare costi senza creare valore, ovvero sprechi. Un sistema di tipo *Pull*, in cui la produzione viene avviata solo quando il cliente richiede un prodotto o servizio, si contrappone ai sistemi di tipo *Push*, in cui la produzione viene avviata indipendentemente dalla domanda del cliente, spingendo, appunto, la produzione verso il cliente²⁰. Quindi secondo la logica *Pull* “produco ciò che vuole il mio cliente nel momento in cui lo richiede e nella quantità voluta”.
5. **Seek perfection:** migliorare continuamente cercando la perfezione, con l'obiettivo di creare valore senza sprechi. Secondo la filosofia giapponese, il miglioramento continuo non deve mai concludere: è importante celebrare i risultati raggiunti, ma è fondamentale anche continuare a cercare modi per migliorare. Uno degli aspetti critici del miglioramento risiede proprio nel concetto di flessibilità, in quanto il valore per il cliente cambia nel tempo, pertanto è necessario adattarsi continuamente. Il miglioramento continuo è l'essenza del *Kaizen*. Quest'ultimo è un approccio che si concentra sul miglioramento incrementale dei processi, coinvolgendo tutti i membri dell'organizzazione, dal *top management* fino alla linea produttiva. Il *Lean World Class* definisce il *Kaizen* come il “miglioramento continuo e graduale di un'attività al fine di creare più valore e meno sprechi”.
- “La ricerca della perfezione attraverso il miglioramento continuo consente di alimentare la fonte del vantaggio competitivo creato. Le risorse rese disponibili con la semplificazione dei processi sono impiegate nelle attività di miglioramento continuo (strutturate e misurabili).” (Bonfigli Consulting, 2016).

²⁰ Cliente: può essere sia esterno che interno. Per cliente esterno si intende il rivenditore del bene in esame p effettivamente l'utilizzatore finale. Il cliente interno, invece, può essere interpretato come l'area di lavoro successiva nel processo produttivo o la singola fase di lavorazione seguente.



Figura 34 - I 5 principi della Lean Production
(Fonte: Istituto Lean Management Italia, 2021)

Bonfiglioli Consulting aggiunge anche un sesto principio (Bonfigli Consulting, 2016):

6. **Lean supply chain**: affrontare anche la catena dei fornitori in ottica *lean*. Il sesto principio snello è la conversione della catena di fornitura ai principi snelli. Questo principio afferma che, per ottenere i massimi benefici dalla *lean production*, è necessario coinvolgere anche i fornitori nei processi di miglioramento. Secondo gli autori, la maggior parte dei costi e dei *lead time* complessivi necessari a portare un prodotto sul mercato sono generati dalla catena di fornitura. Pertanto, se un'azienda vuole diventare veramente snella, deve lavorare con i propri fornitori al fine di ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza. I fornitori possono essere difficili da convincere ad implementare i principi snelli; tuttavia, è importante ricordare che essi sono parte integrante della *supply chain* e che, qualora non fossero coinvolti anch'essi, i miglioramenti realizzati dall'azienda risulterebbero limitati. "Per questo devono essere sviluppate le relazioni con i fornitori instaurando rapporti di *partnership* che facciano crescere i fornitori, che prevedano una maggiore integrazione dei fornitori nei processi interni dell'azienda, che spostino l'attenzione dal controllo qualità in accettazione all'assicurazione della qualità da parte del fornitore (*free-pass* concordato)". Il progetto di sviluppo fornitori è un progetto complesso ed impegnativo, ma è essenziale per il successo di un progetto *lean*.

I cinque principi del *Toyota Production System* (TPS) hanno contribuito ad un aumento significativo dell'efficienza e della produttività nelle aziende giapponesi, consentendo loro di conquistare quote di mercato sempre maggiori. Oggi risultano essere un punto di riferimento per le aziende e costituiscono una vera e propria linea guida per il successo.

Gli argomenti finora affrontati non devono essere considerati come delle mere attività operative da applicare per ottenere i risultati sperati. L'ideale della *lean production* si basa su una visione più ampia, su concetti fondati su principi saldi che necessitano di essere acquisiti e realizzati concretamente in ottica aziendale. Per questo motivo, si fa riferimento al concetto di “*lean thinking*” che, proprio nella sua definizione, rimanda ad una sorta di cultura del pensiero *lean*.

Il *lean thinking* è un approccio alla gestione che può essere applicato a qualsiasi organizzazione, indipendentemente dal settore o dalle dimensioni. I suoi principi possono essere applicati a qualsiasi processo, sia esso industriale, commerciale o di servizio.

Nonostante il *lean thinking* sia stato originariamente sviluppato nell'industria automobilistica, oggi viene utilizzato in una varietà di settori.

La società di consulenza Considi afferma che “il *Lean Thinking*, o pensiero snello, è uno stile di *management* che mira all'abbattimento degli sprechi per creare processi standardizzati eccellenti a basso costo con il contributo delle persone. È adattabile a tutti i settori e contesti e si applica a tutte le aree aziendali.” (Considi, 2021)

Inoltre, esso è supportato da molti strumenti e tecniche che consentono alle aziende di applicarne i principi per attuare il cambiamento.

Tali strumenti operativi possono essere suddivisi sulla base dei principi precedentemente descritti:

- *VOC (Voice Of Customer)*: per identificare il valore dal punto di vista del cliente (**Identify Value**)
- *VSM (Value Stream Map), Swim Lane, Spaghetti Chart, Cross Analysis* e livello di servizio, *Work Sampling* e *OEE*: per mappare il flusso di valore e individuare gli sprechi (**Map the Value Stream**)
- *5S* e *SMED*: utili per creare un flusso continuo al fine di ridurre il *lead time* e le attese (**Create Flow**)
- *Kanban* e *Just-In-Time*: per sincronizzare l'erogazione di prodotti e dei servizi con le richieste dei clienti (**Establish Pull**)
- *Cantieri Kaizen, Skill Matrix, Visual Management*: per il miglioramento continuo (**Seek Perfection**)

Nei seguenti sottocapitoli sono descritti nel dettaglio i principali strumenti, utili per applicare concretamente i concetti della *lean production*.

5.1. I 7 sprechi

L'Enciclopedia Treccani definisce lo spreco come “consumo fatto in quantità eccessiva, o comunque non adeguato ai risultati”. (Treccani, 2012)

Secondo la visione *lean*, uno spreco è tutto ciò che non crea valore per il cliente. Gli sprechi possono rappresentare un eccessivo dispendio di risorse per le aziende, e non sono necessari o desiderati dal cliente.

La *lean production* è un approccio alla gestione che si concentra sulla riduzione di essi e sul miglioramento del flusso di valore per il cliente. Il focus deve essere sempre sul cliente, quindi tutti i processi devono essere considerati dal suo punto di vista.

Due fattori che risultano essere sicuramente significativi per il cliente sono il tempo di consegna ed il costo (prezzo). La riduzione degli sprechi può avere un impatto positivo su entrambi questi fattori, riducendo sia il tempo di attesa del cliente sia i costi di produzione.

Taiichi Ohno, uno dei “padri fondatori”²¹ del *Toyota Production System (TPS)*, ha identificato 7 sprechi.

Nel libro intitolato “*Il sistema produttivo Toyota*”, pubblicato nel 1988, *Ohno* descrive il *TPS* come un approccio alla gestione che si concentra sulla riduzione degli sprechi e sul miglioramento del flusso di valore per il cliente.

I 7 sprechi sono definiti come:

- **Attese:** tempi morti tra le attività
- **Trasporti:** movimentazione di materiali non necessari
- **Sovrapproduzione:** produzione di più prodotti rispetto a quelli richiesti dal cliente
- **Scorte:** accumulo di materiali o prodotti non necessari
- **Movimentazione:** movimenti inutili di persone o materiali
- **Difetti:** prodotti o servizi non conformi alle specifiche del cliente
- **Operazioni inutili:** attività che non creano valore per il cliente

La *lean production* si concentra sull'eliminazione o sulla riduzione di questi sprechi per migliorare l'efficienza e la produttività. (www.sixsigmaperformance.it, 2020)

²¹ Sono 3 le persone che possono essere identificate come “padri fondatori” del *TPS* (*Ohno, T., 2019*): *Sakichi Toyoda* (1867-1930) è il fondatore della *Toyota Motor Corporation*. È stato un inventore prolifico e ha contribuito a sviluppare una serie di tecnologie innovative, tra cui il telaio a telaio scorrevole, il telaio a quattro tempi e il sistema di cambio automatico. *Kiichiro Toyoda* (1894-1952) è il figlio di *Sakichi Toyoda*. È stato il primo presidente della *Toyota Motor Corporation* e ha guidato l'azienda nella sua espansione nel mercato automobilistico. È stato un forte sostenitore del miglioramento continuo e ha contribuito a sviluppare il *TPS*. *Taiichi Ohno* (1912-1990) è stato un ingegnere e manager della *Toyota Motor Corporation*. È considerato il padre del *TPS*. Ha contribuito a sviluppare i principi fondamentali del *TPS*, tra cui il *just-in-time*, il *kanban* e il *jidoka*.



Figura 35 - I 7 sprechi della Lean Production

Di seguito è riportata una descrizione specifica di ogni spreco, secondo le definizioni di *Ohno*.

- **Attese:** si intende l'insieme dei tempi "non strettamente necessari" ai fini della realizzazione del prodotto/servizio in questione. Se si volessero quantificare in termini numerici, le attese risulterebbero essere la differenza del tempo definito come *lead time*, ovvero il tempo totale di attraversamento della fabbrica, tempo necessario per completare un ordine, e l'effettivo tempo impiegato per le attività di fabbricazione. Tutto questo tempo in eccesso può essere considerato come attesa e rappresenta una forma di spreco (Patelli., S., 18 novembre 2020).

Le attese possono essere causate da una serie di fattori, tra cui l'inefficienza dei processi o la mancanza di coordinazione. Infatti, se le attività non sono correttamente gestite, ci saranno più tempi morti. Gli errori di sincronizzazione delle fasi dei processi causano attese ed interruzioni del flusso continuo. Spesso negli stabilimenti produttivi si predispongono intere aree dedicate al deposito/prelievo del WIP. Tutto il materiale che viene stoccato tra una fase di lavorazione e la successiva causa, evidentemente, uno spreco di tempo, in quanto il materiale risulta essere "bloccato" all'interno del processo produttivo. Eliminare tutte le cause che possono generare ritardi e/o attese spesso risulta essere costoso e difficile, ma è un'attività fondamentale, in quanto ogni unità di prodotto "ferma" nel ciclo produttivo equivale ad un costo immobilizzato.

Una delle principali cause di attesa deriva da problemi tecnici, come, ad esempio, guasti agli impianti o manutenzione non pianificata. Riprendendo il concetto espresso come sesto principio della *lean production* (vedi capitolo "*I principi della Lean Production*"), è molto importante che i fornitori stessi siano puntuali nella consegna dei materiali e dei componenti necessari alla produzione. Il ritardo nella consegna dei materiali provoca delle attese e può causare interruzioni al flusso produttivo.

Non tutti i mali vengono per nuocere. La bravura di un ingegnere di processo sta nel raccogliere tutti i dati a disposizione, leggerli ed interpretarli correttamente per applicare la miglior soluzione al problema identificato. Spesso i tempi di attesa possono nascondere anche altri aspetti, come errori di progettazione delle linee o del prodotto, o la mancanza di adeguato addestramento del personale, sviste nel processo produttivo per fasi di lavorazioni non considerate in fase di progettazione e che si rendono necessarie, o, viceversa, la presenza di fasi di manodopera superflue.

Tramite un'analisi *RCA* (vedi capitolo *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*), è possibile individuare le cause radice ed eliminare gli sprechi risultanti come attese.

Inoltre, i tempi di attesa possono generare inefficienza del processo, ad esempio operatori o impianti attivi, ma sostanzialmente "non operativi". Tutte le risorse produttive in attesa di materiale da processare risultano impegnate, ma non produttive. Dunque, sono un dispendio non indifferente per l'azienda, in quanto rappresentano un costo, ma non producono output.

Pertanto, è importante valutare attentamente i tempi di attesa dei prodotti/materiali e, ove possibile, tradurli in costi, sia come materiale immobilizzato sia come risorse impiegate, ma non produttive. In base ai risultati di questa valutazione, è possibile definire la migliore strategia per eliminare/ridurre tutti i "ritardi non necessari" nel normale flusso produttivo.

È importante ricordare che, dal punto di vista del cliente, identificato sempre sia come il cliente finale sia in qualità dei diversi attori che operano nel processo produttivo, i tempi di attesa hanno un impatto diretto sul "tempo di consegna" del bene/servizio.

Per migliorare la produzione e ridurre le attese, è necessario comprendere il processo attuale (situazione *AS IS*), evidenziando i processi e la capacità produttiva. Successivamente, si identifica il flusso del valore, ovvero le attività che creano valore aggiunto per il cliente. Una volta

identificate le attività a valore aggiunto (VA), è possibile concentrarsi sulle attività che non creano valore aggiunto (NVA) per ridurle ed ottimizzare il processo. La logica giapponese *Kaizen*, è uno strumento molto utile per mettere in atto tutte le attività di miglioramento.

Attese	
<p>L'attesa o la perdita di tempo si manifestano quando un processo si interrompe a causa della mancanza di materiali, informazioni o forza lavoro. In sostanza, ogni volta che un ritardo provoca una attesa, si verifica una perdita di tempo. Nell'ambito manifatturiero, è importante analizzare il costo dell'attesa e valutare l'impatto che ha sulle operazioni di produzione.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Tempo trascorso in cui i lavoratori o gli impianti rimangono inattivi • Attesa di materiale dai fornitori • Attesa che il processo a monte concluda la sua lavorazione • Attesa per la disponibilità di utensili o macchinari • Processi non sincronizzati e squilibri nella linea di produzione • Eccesso di personale nei processi a valle o carenza di personale nei processi a monte • Fermi macchina non programmati • Scarsità di materie prime • Assenza di una pianificazione di processo 	<ul style="list-style-type: none"> • L'utilizzo della mappatura dei processi e delle tecniche BPM consente ai manager di visualizzare una panoramica di interi flussi operativi • Maggiore comunicazione con fornitori o servizi di consegna per combattere i tempi di fermo • Implementazione di una forza lavoro flessibile in grado di assumersi responsabilità in diverse aree aziendali • Pianificazione dell'utilizzo di impianti e risorse • Adeguata disponibilità di utensili e attrezzature

*Tabella 2 - Tabella riassuntiva MUDA Attese
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)*

- **Trasporti:** “è inteso come lo spostamento di prodotti da un luogo all’altro, da una azienda all’altra, da un continente all’altro”. Le attività di trasporto o di spostamento dei materiali, semilavorati e prodotti finiti, sono tutte attività che, spesso, risultano essere NVAA (*Not Value Added Activity*), ovvero attività a non valore aggiunto, ma comunque necessarie per garantire la produzione (Patelli., S., 11 novembre 2020).

Nella creazione del flusso produttivo, rispettando i concetti descritti nel capitolo “*I principi della Lean Production*” (*Create Flow*), è indispensabile considerare anche tutte le attività di trasporto che vengono richieste per l’approvvigionamento dei materiali e dei componenti. Si tratta di trovare il giusto *trade-off* per soddisfare da una parte le necessità produttive, in termini di ottimizzazione del flusso produttivo, posizionamento degli impianti e dei macchinari in aree strategiche, etc., e dall’altra i vincoli fisici e i relativi costi. Dunque, un *layout* inefficiente può causare più movimentazioni evitabili.

A volte le attività di trasporto sono indispensabili per vincoli fisici, come, banalmente, la presenza di muro all’intero dello stabilimento, ma altre volte possono essere ottimizzate riducendo sia il tempo impiegato per il trasporto, sia la distanza effettuata dagli operatori che effettuano la movimentazione stessa.

Si può cercare di eliminare la necessità di trasporto, ad esempio modificando il *layout* della linea produttiva o automatizzando le operazioni. È possibile migliorare anche il metodo di trasporto, ad esempio riducendo la frequenza dei trasporti, accorciando le distanze da percorrere, o utilizzando attrezzature più efficienti.

A tal proposito gli innovativi *AGV*, acronimo di *Automated Guided Vehicle*, un veicolo a guida automatica che viene utilizzato per il trasporto di materiali in un ambiente industriale o logistico, aiutano a seguire un percorso predefinito. Ove implementabili, possono essere una soluzione interessante per ridurre i tempi di trasporto. Infatti, gli AGV possono essere implementati per il trasporto di materiali tra le diverse fasi di produzione, per garantire la fornitura di materiali ai lavoratori o anche per l’eliminazione degli scarti e dei difetti. Essi offrono una serie di vantaggi rispetto ai metodi di trasporto tradizionali, tra cui una maggiore efficienza, in quanto sono in grado di trasportare i materiali in modo più rapido e preciso rispetto agli operatori umani. Garantiscono maggiore sicurezza riducendo il rischio di incidenti sul lavoro e la possibilità di essere riprogrammati in base alle nuove esigenze, li rende tecnologie fortemente flessibili e adattabili ai diversi contesti applicativi. Sono una tecnologia importante per *l’Industria 4.0*; in grado di contribuire a migliorare l’efficienza, la sicurezza e la flessibilità delle operazioni produttive e logistiche.

Il trasporto risulta essere un’attività che il cliente non riconosce come valore aggiunto, per cui è necessario limitarla o, ove possibile, eliminarla. Inoltre, è un’operazione che può comportare costi in termini di risorse, tempo e qualità. Per ridurre questi costi, è possibile intervenire sulla causa del trasporto o sul metodo di trasporto. In ogni caso, è importante operare per ottimizzare il trasporto il più possibile sempre applicando la logica del quinto principio della *lean production*: *seek perfection*.

Al fine di ridurre gli sprechi di trasporto, è necessario modificare l’organizzazione strutturale dell’azienda secondo i principi della *Lean Production*. Il tutto si traduce nella creazione di flussi di valore, ovvero percorsi che collegano rapidamente tutte le attività necessarie per produrre un prodotto. I flussi di valore devono essere continuativi, ovvero i materiali e le informazioni devono fluire senza interruzioni. Migliorare il layout della fabbrica può aiutare a ridurre gli sprechi di

trasporto. La mappatura del flusso di valore (*VSM*) e la mappatura dei processi sono strumenti che possono essere utilizzati per identificare le aree di miglioramento.

Trasporto	
<p>Le imprese ricevono, inviano, restituiscono o trasferiscono semilavorati e prodotti finiti ad altre aziende, terzisti, clienti o fornitori. Inoltre, si verificano frequenti movimenti interni di parti e semilavorati in continuo transito tra i vari reparti all'interno dello stabilimento. Impiegano mezzi di trasporto su strada, navali, aerei oltre a veicoli interni come carrelli elevatori o carriponte. Dalla gestione delle materie prime in arrivo, al controllo del magazzino e al trasferimento di articoli tra logistica e reparti produttivi, oltre alla spedizione di semilavorati in lavorazione conto terzi, i costi derivanti dal trasporto possono rappresentare una voce significativa nel bilancio aziendale. Poiché il trasporto è un processo che non aggiunge valore in alcun modo, è essenziale ridurlo al minimo indispensabile.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Gestione delle entrate e delle uscite (spedizioni) di materiali semilavorati e prodotti finiti • Spedizioni di lavorazioni per conto terzi • Restituzioni a fornitori • Resi da parte dei clienti • Spostamento di materiale in termini di logistica • Movimentazione di materiali tra i comparti produttivi • Disposizione poco efficiente del layout produttivo • Logistica poco efficiente con continui spostamenti di materiali e scorte • Trasporti poco ottimizzati in termini di frequenza, volumi e tempi 	<ul style="list-style-type: none"> • Affrontare lo spreco di sovrapproduzione • Rivalutare ed adattare gli obiettivi di produzione per soddisfare meglio la domanda • Analizzare i tassi di produzione di stock a rotazione lenta con domanda variabile • Ottimizzare la gestione dei lotti • Svincolare le prospettive di vendita a medio-lungo periodo dalla pianificazione produttiva

*Tabella 3 - Tabella riassuntiva MUDA Trasporto
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)*

- **Sovrapproduzione:** “lo spreco di sovrapproduzione avviene quando si producono prodotti o semilavorati in quantità eccessiva o anticipando il momento in cui sia effettivamente necessario produrli. È il peggiore dei sette sprechi della Lean Production, perché la sua presenza a sua volta è la causa principale anche di altri MUDA” (Patelli., S., 18 novembre 2020).

La sovrapproduzione risulta essere uno spreco, in quanto comporta costi aggiuntivi di produzione, oltre allo stoccaggio di prodotti non richiesti, traducibili in costi di gestione di magazzino e spazio impiegato per quantità in *surplus*. Per evitarla, è necessario produrre solo il necessario, in base agli ordini ricevuti dai clienti. Questo presupposto teorico, all'apparenza molto semplice e quasi banale, nella pratica non è sempre realizzabile, in quanto richiede importanti investimenti sia in termini di organizzazione sia come infrastrutture. Purtroppo, non si hanno sempre a disposizione tutte le informazioni per produrre effettivamente la quantità richiesta dal cliente. Infatti, oltre al dato concreto dell'ordine da evadere (quantità richiesta), bisogna considerare tante altre variabili del processo, come le performance degli impianti produttivi, gli scarti che possono essere generati durante la produzione e la corretta comunicazione di informazioni tra gli attori del sistema.

La “*overproduction*” è probabilmente lo spreco più difficile da eliminare, in quanto richiede interventi strutturali sull'organizzazione e sulle linee produttive. La *lean production* insegna che un'accurata pianificazione della produzione, la flessibilità dei processi, l'efficienza dell'organizzazione, da intendersi come gestione delle risorse a supporto della produzione, e il massimo controllo e la stabilità dei processi, sono tutti presupposti che consentono di limitare la sovrapproduzione.

Patelli descrive tutti i costi che possono essere associati allo spreco di sovrapproduzione (Patelli., S., (18 novembre 2020):

- Costo del materiale
- Costo della manodopera
- Costo dei macchinari
- Costo di opportunità nel non aver prodotto altro mentre le risorse erano impegnate
- Costo di trasporto extra (MUDA Trasporti)
- Costo di superficie logistica (MUDA Inventario)
- Costo di difetti e scarti (MUDA Scarto)
- Costo di materiali indiretti impiegati in surplus
- Costo della deperibilità
- Costo del rischio di guasto

Per limitare la sovrapproduzione e ridurre i costi, è necessario mappare il flusso di valore, identificando tutte le attività necessarie per produrre un prodotto o un servizio, riorganizzare il posto di lavoro, creando isole di produzione e adottare layout di produzione più funzionali; ridurre i tempi di set up delle attrezzature, utilizzando metodi come lo SMED (Single Minute Exchange of Die).

Le logiche Just in Time e il Kanban consentono di eliminare la sovrapproduzione, con l'obiettivo di produrre solo ciò che è richiesto dal cliente, nel momento in cui è richiesto.

Sovraproduzione

Gli sprechi legati alla sovrapproduzione vengono spesso trascurati dalle aziende che talvolta considerano la sovrapproduzione come un vantaggio, in quanto offre sicurezza contro eventuali problemi, anziché riconoscerla come un danno economico e produttivo. I costi associati ad una produzione eccessiva coinvolgono non solo il costo dei materiali, ma anche il tempo di lavoro degli impianti e dei lavoratori. Inoltre, la sovrapproduzione comporta l'aumento dei costi legati alla detenzione di scorte eccessive. Quest'ultime rischiano di rimanere inutilizzate o invendute sugli scaffali per mesi o anni, correndo il rischio di deteriorarsi, dover essere svendute o addirittura di dover essere smaltite, diventando uno scarto aziendale.

Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Produrre una quantità superiore al necessario • Produrre a una velocità superiore a quella richiesta • Mantenere un inventario eccessivo • Utilizzare attrezzature con capacità superiore alle esigenze di produzione • Adottare piani, mappe e programmi di produzione imprecisi e scadenti • Impiegare in modo inadeguato gli incentivi per indirizzare i lavoratori verso compiti non appropriati 	<ul style="list-style-type: none"> • I sistemi di produzione JIT (Just-In-Time) generano prodotti in quantità ottimale • Il <i>Takt-Time</i> mantiene la produzione alla velocità necessaria • I sistemi Kanban fanno avanzare la produzione in risposta alla domanda del cliente • Previsioni di vendita più precise possono ridurre gli obiettivi eccessivamente elevati e riallineare le priorità di produzione

*Tabella 4 - Tabella riassuntiva MUDA Sovraproduzione
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)*

- **Scorte:** qualsiasi quantitativo di risorse, materiali e componenti, presente all'interno del sistema produttivo, in attesa di essere sottoposto ad un processo di trasformazione o di distribuzione. In particolare, le materie prime in giacenza sono in attesa di essere immesse nel ciclo produttivo per la prima volta, a differenza dei semilavorati e prodotti finiti che hanno già subito lavorazioni, parziali o complete, prima di essere immagazzinate.

Come riportato nel documento “*MUDA Inventario: Lo spreco di Stock o scorte d’inventario*” (Patelli., S., (16 novembre 2020), ogni singola quantità di stock che resta in magazzino porta con sé un costo associato. Sono diverse le voci di costo che dovrebbero essere considerate quando si definisce una “scorta”. Ad esempio, il valore economico che si traduce in un immobilizzo finanziario, la presenza di pezzi/materiali nel processo produttivo genera un costo, chiamato “*Working Capital*”, che è proporzionale alla quantità di pezzi/materiali e al loro stato di avanzamento nel processo, in particolare tanto più il materiale si troverà in una fase avanzata del processo produttivo, tanto più alto sarà il relativo costo della scorta.

Bisogna, inoltre, considerare l’investimento di risorse, materiali e impianti impiegati per generare quel bene, il tempo investito nel trasporto, il costo di gestione del magazzino, lo spazio occupato che genera un costo di superficie e volume per il magazzino. Oltretutto, la maggior parte dei materiali gestiti a scorta rischiano di danneggiarsi nel tempo, di perdere alcune caratteristiche fisiche o chimiche. Per il mercato il prodotto potrebbe risultare obsoleto nel momento in cui viene prodotto e potrebbe essere necessario, addirittura, scartare il bene stesso, con il relativo costo di smaltimento.

Una buona riorganizzazione delle scorte deve essere basata su una visione completa del sistema produttivo e logistico. Esistono diversi fattori che possono influenzare la domanda e la disponibilità degli articoli, ed è necessario tenerne conto per prendere decisioni efficaci sulla gestione delle scorte.

Per limitare lo spreco di inventario e migliorarne la gestione devono essere presi in considerazione alcuni punti specifici (Patelli., S., 16 novembre 2020). In primis, bisogna verificare la precisione del sistema di controllo inventariale e del sistema gestione della logistica (ERP). Gli scarti e i difetti possono comportare un aumento delle scorte, le cosiddette “scorte cuscinetto”, che servono per sopperire ad eventuali scarti o difetti generati durante il processo produttivo. Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione riguarda la rotazione degli articoli, che ne determina la gestione delle scorte. Gli articoli, oltre che per indice di rotazione (basso o alto), possono essere suddivisi per importanza strategica: gli articoli critici, ovvero quelli con un alto *lead time* o con un'elevata domanda, devono essere gestiti in modo diverso dagli articoli meno critici. Infine, gli articoli possono essere caratterizzati da una certa stagionalità, per cui è necessario tenerne conto per migliorare l'intera gestione del magazzino. È possibile ridurre le scorte riducendo la dimensione degli ordini o utilizzando strumenti informativi per migliorare il processo di ordini. La selezione di fornitori affidabili è cruciale per evitare di interrompere la produzione.

La scorta di sicurezza è determinante per garantire la continuità delle attività produttive, così come il punto di riordino. Entrambi devono essere calcolati correttamente per evitare di eccedere nelle scorte e rischiare di ordinare con troppo anticipo materiale da gestire a stock, allo stesso tempo bisogna sempre soddisfare le richieste e le tempistiche produttive.

Scorte	
<p>Mantenere un eccessivo livello di scorte può comportare una riduzione dell'efficienza operativa e generare problemi di stoccaggio. Questa forma di spreco spesso può derivare dalla sovrapproduzione: se questa fosse la causa, la soluzione a questo problema va individuata nelle cause che conducono ad un comportamento di sovrapproduzione. Alcune volte, l'eccesso di scorte (sovrastoccaggio) può derivare da politiche di acquisto errate o da una fiducia mal riposta nelle prospettive di vendita che poi non si concretizzano. In tali circostanze, è importante identificare le materie prime realmente indispensabili da mantenere come scorta, distinguendole da quelle che occupano spazio inutilmente. Tuttavia, la quantità di scorte potrebbe essere causata da motivi più sottili e nascosti. Pertanto, è fondamentale comprendere la causa dello spreco del MUDA Inventario.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Sovrapproduzione • Disallineamento tra domanda e produzione • Lotti produttivi vincolanti nelle grosse quantità • Politica di acquisto non adeguate • Scarse performance di vendita o distribuzione • Fraintendimento delle esigenze del mercato o del cliente • Sovrastima delle prestazioni aziendali future 	<ul style="list-style-type: none"> • Affrontare lo spreco di sovrapproduzione • Ridefinire gli obiettivi di produzione per soddisfare meglio la domanda • Analizzare i tassi di produzione di stock a rotazione lenta con domanda variabile • Ottimizzare la gestione dei lotti • Svincolare le prospettive di vendita a medio-lungo periodo dalla pianificazione produttiva

*Tabella 5 - Tabella riassuntiva MUDA Scorte
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)*

- **Movimentazione:** la movimentazione del prodotto è un'attività che non crea valore aggiunto per il prodotto o per il cliente finale. La movimentazione può essere confusa con il trasporto, ma si tratta di due attività distinte. Infatti, per trasporto si intende il trasferimento di un pezzo/materiale da un'area all'altra, mentre la movimentazione è il trasferimento di un pezzo/materiale all'interno di una stessa area. In questa categoria rientrano tutti i movimenti e gli spostamenti eseguiti sia dall'operatore che dal prodotto durante un ciclo di lavorazione.

Con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e la produttività, è necessario minimizzare le movimentazioni all'interno del ciclo di lavorazione.

Uno strumento schematico che può aiutare a comprendere il flusso dei movimenti all'interno di uno stabilimento è il diagramma conosciuto come "*Spaghetti Chart*", che consente di mappare tutte le movimentazioni che vengono svolte all'interno del ciclo di lavorazione, considerando il percorso dei materiali, dei prodotti e delle persone all'interno dello stabilimento. È possibile analizzare nel dettaglio gli spazi inutilizzati o sprecati all'interno dello stabilimento e rendere le movimentazioni più efficienti, riducendo il tempo necessario.

Movimentazione	
<p>Le forme più ovvie di spreco di movimento si verificano in impianti produttivi o aziende di servizi scarsamente organizzate, in cui i dipendenti devono percorrere distanze considerevoli nello spazio per reperire materiali o riallestire le proprie postazioni di lavoro. Il costante spostamento di personale nei settori produttivi o logistici rappresenta uno spreco inutile di risorse e tempo, spesso causato da questioni apparentemente futili come la ricerca di attrezzature o strumenti necessari per completare le proprie attività.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Trasferimento di personale tra le diverse aree produttive • Spostamento di personale tra i vari reparti • Reperimento di specifiche tecniche tra gli uffici • Ricerca di materiale • Ricerca di utensili • Movimenti logistici 	<ul style="list-style-type: none"> • Organizzare ergonomicamente le postazioni di lavoro • Minimizzare gli allestimenti di bordo macchina • Ristrutturare il layout di posizionamento della produzione • Ottimizzare la logistica in maniera più funzionale • Implementare strumenti che accelerano il transito e il movimento del personale • Fornire documentazione chiara ed esaustiva ai collaboratori

Tabella 6 – Tabella riassuntiva MUDA Movimentazione
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)

- **Difetti:** vengono definiti tali tutti i prodotti o servizi non conformi alle specifiche del cliente. Bisogna specificare la distinzione tra gli scarti, ovvero pezzi non conformi alle specifiche che vengono respinti dal cliente finale e le rilavorazioni, prodotti che devono essere sottoposti ad ulteriori lavorazioni, non previste a priori, per ripristinare la conformità rispetto alle specifiche. Nella filosofia *Lean*, sia gli scarti che le rilavorazioni sono considerati sprechi, in quanto rappresentano un costo aggiuntivo per l'azienda. Idealmente il processo produttivo dovrebbe produrre solo pezzi conformi alle specifiche, rispettando esclusivamente le operazioni considerate in fase di progettazione del ciclo di lavoro.

Indagare sulla specifica causale di scarto richiede conoscenze tecniche specifiche che spaziano dalla singola operazione di lavorazione fino alla comprensione dell'intero flusso del processo. Per questo motivo, spesso, si organizzano delle vere e proprie *task force*²² per far fronte a difetti significativi che emergono in produzione.

Difetti	
<p>Chiunque sia coinvolto nella produzione di prodotti semilavorati e finiti comprende la sfida legata ai difetti e agli scarti. Il concetto fondamentale del mondo Lean è costruito intorno all'idea che la riduzione dei difetti costituisce il fulcro dell'efficienza produttiva, permettendo di ottimizzare i costi e massimizzare la qualità da offrire ai clienti. Anche piccole riduzioni percentuali negli scarti o nei difetti, quando si opera su larga scala, possono comportare un notevole aumento degli utili e contribuire a una maggiore soddisfazione del cliente.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Risorse di elaborazione impiegate su articoli difettosi • Materiale scartato a causa di prodotti difettosi • Sforzi sprecati nel tentativo di rilavorare o riparare articoli difettosi • Restituzioni da parte dei clienti • Resi ai fornitori • Inefficienze nella gestione dei processi produttivi • Fornitori inadeguati o elementi di produzione di terze parti • Specifiche poco chiare e documentazione di produzione scadente • Manutenzione insufficiente di macchinari o attrezzature • Carente livello di controllo qualità a monte dei processi 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitare di segmentare il controllo di qualità a singoli reparti; il controllo di qualità può trarre vantaggio da una prospettiva olistica • Implementare tecniche come le metodologie Six Sigma per gestire le problematiche legate ai difetti • Garantire che i lavoratori ricevano formazione adeguata e che i processi standardizzati vengano adeguatamente seguiti

Tabella 7 - Tabella riassuntiva MUDA Difetti
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)

²² "Task force: nel linguaggio aziendale, gruppo di esperti, provenienti da diversi settori aziendali e con diversa esperienza professionale, costituito appositamente per affrontare e risolvere un problema specifico." (Enciclopedia Treccani)

- **Operazioni inutili:** sono tutte quelle attività che non creano valore per il cliente e che, quindi, dovrebbero essere eliminate. Ad esempio, tutte le attività di verifica dei dati o di stampa di documenti, rientrano nella categoria delle operazioni inutili, in quanto il cliente non riconoscerà mai del valore aggiunto in queste attività (Patelli., S., 18 novembre 2020).

Le operazioni inutili hanno un impatto negativo sull'efficienza, sulla produttività e sulla qualità di un'azienda. In termini di costi esse causano un aumento del costo della manodopera, risorse e sprechi di materiale, impiegati per svolgere attività che non creano valore aggiunto.

Lo strumento più efficace per l'individuazione delle principali cause delle extra-lavorazioni, è sicuramente l'analisi delle cause radice, che, se applicata correttamente, consente di risolvere il problema alla radice.

Tra le principali cause dell'*overprocessing* si possono citare la poca chiarezza nella progettazione delle specifiche di un prodotto o dello stesso processo produttivo richiesto per realizzarlo, una formazione non adeguata degli operatori ed un mancato coinvolgimento nell'intero flusso produttivo, può causare diversi problemi, tra cui il disorientamento degli operatori e lo svolgimento di attività che potrebbero essere evitate.

Quindi, è necessario definire correttamente le *SOP (Standard Operating Procedures)*, dei documenti ufficiali in cui vengono descritte tutte le operazioni da svolgere in modo uniforme e coerente. Ogni postazione di lavoro deve essere dotata delle relative SOP di interesse, al fine di formare gli operatori tramite istruzioni chiare e concise su cosa fare e quando farlo.

La formazione del personale svolge un ruolo fondamentale nell'eliminazione dello spreco per *overprocessing*, ed è necessario assicurarsi che tutti gli operatori siano consapevoli delle operazioni che devono svolgere, in termini di modalità, tempistiche, tecniche e rischi. A tale scopo possono essere utilizzate le cosiddette *OPL (One Point Lessons)*, ovvero dei brevi video, che forniscono le istruzioni operative e dettagliate sull'esecuzione delle attività.

Dal punto di vista più tecnico è indispensabile avere il processo sotto controllo. Solo tramite il continuo monitoraggio del processo si è in grado di identificare eventuali problemi di processo.

L'utilizzo di sistemi di monitoraggio della produzione, come il MES (*vedi capitolo "Il sistema MES (Manufacturing Execution System)"*), consentono di tracciare l'effettivo avanzamento degli ordini e gestire tutte le informazioni utili.

Adottando tali misure, le aziende possono migliorare la qualità del prodotto e ridurre l'eccesso di lavorazione.

Operazioni inutili	
<p>Una costante ricerca della perfezione del prodotto può portare ad un eccessivo impiego di risorse di processo. Questo spreco spesso deriva da un'incomprensione tra la qualità percepita dal cliente e quella che si tenta di fornire. Non sempre quello che sembra meglio al progettista è anche meglio per il cliente. Per assicurarsi che non ci siano sprechi di eccesso di attività e Extra lavorazione produttivo è meglio perfezionare il prodotto partendo dalle richieste dei clienti invece che dalle idee delle persone interne all'azienda. Non riuscire a cogliere la concezione di qualità del cliente può portare a un'elaborazione eccessiva di un prodotto o servizio.</p>	
Cosa lo causa	Come si può migliorare
<ul style="list-style-type: none"> • Svolgimento di attività che non apportano valore aggiunto al lavoro. • Esecuzione di lavorazioni senza valore aggiunto tramite l'uso di macchinari • Introduzione di qualità o profondità non necessarie oltre alle esigenze del cliente. • Mancanza di chiarezza nella comprensione della soddisfazione del cliente riguardo al prodotto • Eccessiva focalizzazione su rifiniture e dettagli • Frequenti modifiche tecniche e istruzioni di lavoro poco chiare o scarsamente documentate 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi del flusso di valore (VSM, Value Stream Mapping) • Utilizzo di diagrammi a cascata per valutare l'effetto cumulativo delle variabili sequenziali • Razionalizzazione delle procedure operative standard per ridurre il volume complessivo della documentazione

*Tabella 8 - Tabella riassuntiva MUDA Operazioni inutili
(Fonte: Adattamento da Patelli S., 17 novembre 2020)*

5.2. La metodologia 5S

La metodologia 5S è un sistema per organizzare e migliorare l'efficienza e l'efficacia degli ambienti di lavoro. Tale metodo aiuta a creare uno spazio di lavoro pulito, sicuro e correttamente organizzato, riducendo al minimo gli sprechi e ottimizzando la produttività.

Riconosciuto come principio fondamentale della *lean production*, è stato ampiamente adottato da diverse organizzazioni globali sia nel settore manifatturiero che in quello dei servizi.

Il nome "5S" deriva da cinque parole giapponesi che descrivono le fasi del processo:

- **Seiri** (separare): separare ciò che è necessario da ciò che non è necessario
- **Seiton** (mettere in ordine): ordinare tutto in modo tale che sia facile da trovare e da utilizzare quando necessario
- **Seiso** (pulire): sanificare la postazione di lavoro, eliminando sporco, polvere e detriti.
- **Seiketsu** (Standardizzare): sistematizzare le attività di pulizia e manutenzione
- **Shitsuke** (Diffondere e sostenere): sostenere le 5S nel tempo, attraverso formazione e coinvolgimento dei dipendenti.

La metodologia 5S è stata sviluppata in Giappone e affonda le sue radici nelle pratiche di produzione emerse nel XX secolo. Il metodo è stato perfezionato e strutturato nel tempo e alla fine è stato riconosciuto come una componente essenziale delle pratiche di produzione snella.

Separare (*Seiri*)

La prima delle 5S insegna a riordinare l'area di lavoro e a rimuovere tutti gli oggetti che non sono essenziali per i processi lavorativi; quindi, tutti gli oggetti che non servono, sono troppi o sono difettosi (se necessari, da riparare). Per ogni oggetto presente nella postazione di lavoro è necessario chiedersi quale sia il suo scopo, chi deve utilizzarlo, quando viene adoperato e se è adatto alle esigenze della specifica area in questione (*vedi Figura 36*).

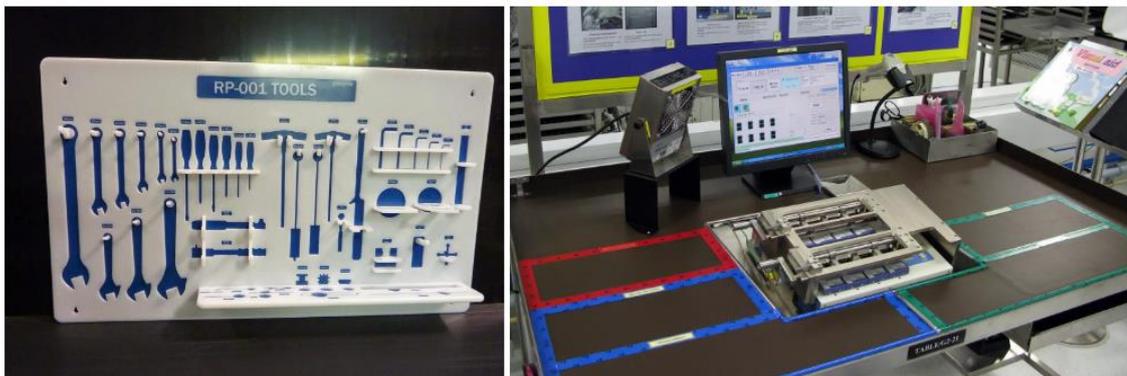


Figura 36 - Esempio pratico (*Seiri*)
(Fonte: Barucca., F., 2022)

Ordinare (*Seiton*)

“Seiton”, in italiano “ordinare”, l’area di lavoro in modo logico per facilitare l’accesso agli strumenti e ai materiali necessari (vedi *Figura 37*). Bisogna etichettare tutto per facilitare la ricerca, seguendo questi criteri:

- **Visibilità:** la visione diretta, senza bisogno di cercare, permette di accorgersi prima delle mancanze;
- **Accessibilità:** tanto maggiore è la frequenza dell’uso, tanto maggiore deve essere la facilità di accesso;
- **Prossimità:** tanto maggiore è l’utilizzo degli oggetti/strumenti, tanto più vicine devono essere posizionate rispetto alla postazione di lavoro;
- **Ergonomia:** bisogna evitare gli sforzi inutili causati dal trasporto e dal sollevamento di oggetti.

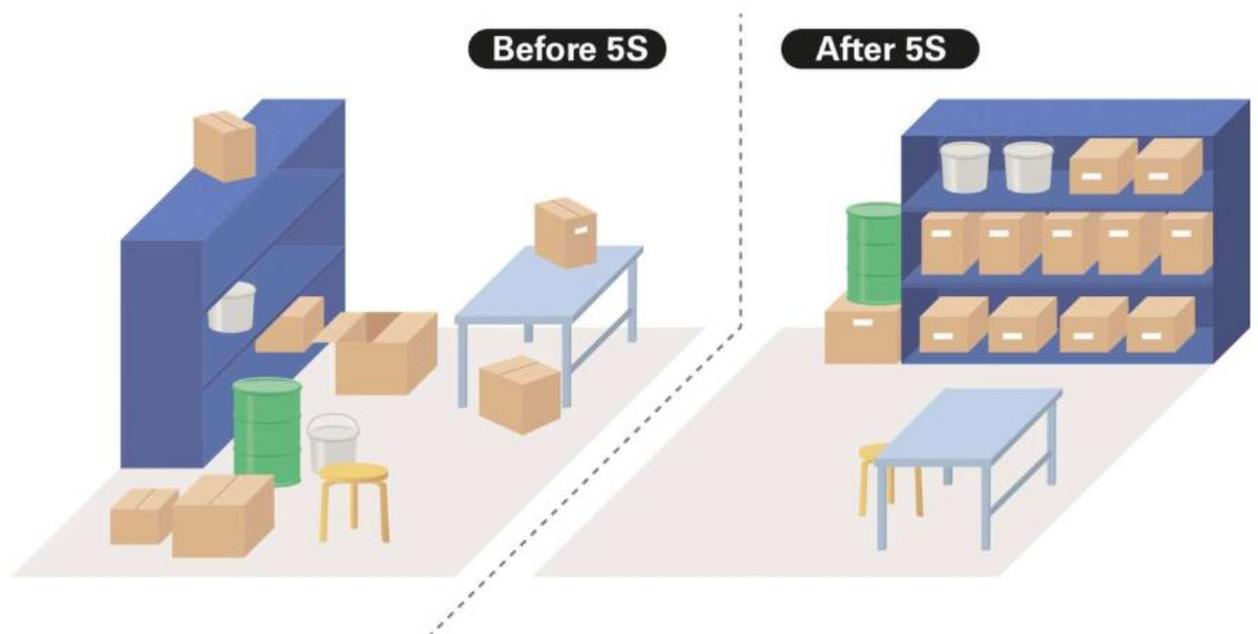


Figura 37 - Esempio pratico (Seiton)
(Fonte: *Il dentista moderno*, 2017)

Pulire (*Seiso*)

La metodologia delle 5S, al terzo punto richiede di pulire accuratamente il luogo di lavoro, compresi i pavimenti, le pareti e le superfici. La pulizia migliora la qualità e la sicurezza sul posto di lavoro, riducendo il rischio di inciampi, scivolamenti e cadute.

Mantenendo pulita la postazione di lavoro, i difetti delle apparecchiature e degli impianti, come le perdite, usura, ecc., vengono notati prima. Inoltre, si riducono i malfunzionamenti e si aumenta la disponibilità tecnica delle macchine, così come i tempi di preparazione ed allestimento.



Figura 38 - Esempio pratico (*Seiso*)
(Fonte: Utek, 2020)

Standardizzare (*Seiketsu*)

"Dove non ci sono standard non ci può essere Kaizen"
- Taiichi Ohno -

Al fine di mantenere la pulizia e l'organizzazione dell'ambiente di lavoro, è necessario stabilire procedure chiare e fare in modo che tutte queste operazioni diventino una corretta routine. Ciò include la creazione di controlli visivi, come cartelli, etichette e codici colore, per aiutare chiunque a comprendere le procedure standard.

Per fare in modo che tutti i dipendenti possano ottenere gli stessi risultati e che il lavoro venga svolto in modo coerente, è richiesto l'utilizzo di strumenti e strutture di supporto per le attività, come piano di pulizia o di manutenzione. Al fine di consolidare le pratiche 5S è consigliato integrare i metodi di lavoro e le attività nelle prime fasi del lavoro quotidiano. Tutte le postazioni/aree di lavoro devono avere dei responsabili di riferimento, in grado di fornire il giusto supporto alle attività richieste e verificare che le regole imposte siano sempre rispettate.

Sostenere (*Shitsuke*)

Per garantire il corretto funzionamento della metodologia 5S le pratiche appena descritte devono diventare uno standard e un vero e proprio approccio aziendale fondamentale. Tra tutti i punti elencati, forse questo è quello più impegnativo da compiere; sostenere le 5S nel tempo richiede un impegno quotidiano e la garanzia che l'intera organizzazione vi si dedichi.

Raggiungere tale obiettivo è necessario effettuare dei controlli regolari delle 5S, che aiutano a mantenere il livello raggiunto e ad identificare ulteriori opportunità di miglioramento. Lo stato attuale deve essere regolarmente confrontato con lo standard, in modo tale da esaminare i discostamenti rispetto allo standard ed implementare misure correttive. Tali misure devono essere inserite nell'elenco delle azioni aperte e saranno monitorate nella *routine* del *team leader*.

Una strategia efficace per affrontare o prevenire gli ostacoli al successo dell'implementazione della metodologia 5S consiste nell'instaurare una forte *leadership* e comunicazione in tutta l'organizzazione. Ciò comporta:

- Definire e comunicare chiaramente a tutti i dipendenti le finalità e gli obiettivi del programma 5S
- Fornire formazione e risorse adeguate a garantire che tutti i dipendenti comprendano i principi e le pratiche della metodologia 5S
- Incoraggiare la partecipazione e il feedback dei dipendenti a tutti i livelli dell'organizzazione per garantire il coinvolgimento e l'appropriazione del processo 5S
- Stabilire un sistema di verifiche e revisioni periodiche per monitorare i progressi e identificare le aree di miglioramento
- Riconoscere e celebrare i successi e fornire rinforzi positivi ai dipendenti che si impegnano attivamente nel programma 5S

In questo modo le organizzazioni possono superare molti degli ostacoli comuni all'implementazione della metodologia 5S e creare una cultura del miglioramento continuo e dell'eccellenza operativa.

L'implementazione della metodologia 5S può richiedere un certo impegno, ma i vantaggi di un ambiente di lavoro pulito, organizzato ed efficiente, ripagano di gran lunga l'investimento.

In generale, l'implementazione della metodologia 5S può essere un processo relativamente semplice se affrontato in modo sistematico e coinvolgendo tutti i membri dell'organizzazione. È importante iniziare con progetti piccoli e gestibili e consolidare i successi nel tempo. Con gli strumenti, le risorse e l'impegno giusti, è possibile implementare con successo le 5S e raccogliere i frutti di un ambiente di lavoro più produttivo ed efficiente.

Tra i benefici perseguiti dal metodo 5S (Dotti., D., 2020) si evidenziano:

- Riduzione del rischio di infortuni e/o miglioramento del livello di sicurezza;
- Aree e postazioni di lavoro ergonomiche e confortevoli;
- Eliminazione della possibilità di adoperare difetti, siano essi prodotti, componenti o semilavorati;
- Eliminazione della possibilità di utilizzare attrezzi non idonei alle operazioni richieste;
- Riduzione degli sprechi di tempo per ricerca di attrezzi/utensili;
- Riduzione del rischio di contaminazione degli impianti produttivi;
- Conservazione dell'efficienza delle attrezzature per mezzo di pianificata manutenzione e pulizia;
- Riduzione di attività a non valore aggiunto (NVA)

5.3. La metodologia 5W + 1H

La metodologia 5W + 1H viene utilizzata per raccogliere informazioni complete e dettagliate inerenti ad una situazione o ad uno specifico problema.

Un problema viene riconosciuto come una deviazione dalla situazione attuale rispetto a quella prevista o ideale (standard). Un'analisi approfondita sulla comprensione del problema è un passo fondamentale per lavorare correttamente e trovare una soluzione efficace. Tale comprensione porta all'identificazione della causa principale (*root cause*) e, in ultima analisi, alla risoluzione definitiva del problema. In questo contesto, il passo iniziale consiste nella metamorfosi da una breve descrizione del problema ad un'identificazione precisa e di dettaglio.

Nel processo di descrizione del problema, la metodologia 5W + 1H svolge un ruolo cruciale. Questo acronimo comprende Who (chi), What (cosa), When (quando), Where (dove), Which (quale) e How (come).

Al di là della sua applicazione nella risoluzione dei problemi, tale approccio ha un'ampia utilità in vari campi, poiché consente di chiarire ed organizzare le informazioni.

Who	Risponde alla domanda "chi" è coinvolto o interessato dal problema. Aiuta ad identificare gli individui, i gruppi o le parti interessate.
What	Chiarisce il problema specifico o la situazione in questione. Aiuta a definire la portata e la natura del problema.
When	"When" ovvero "quando", si concentra sull'aspetto cronologico-temporale ed aiuta a stabilire il contesto determinando quando il problema si è verificato, quando potrebbe verificarsi in futuro o come si è evoluto nel tempo.
Where	Fornisce il contesto geografico o spaziale del problema, spesso cruciale per comprenderne la portata e l'impatto.
Which	Approfondisce le ragioni o le cause alla base del problema, aiutando a scoprire le <i>root causes</i> o i fattori che vi contribuiscono.
How	Esplora i meccanismi o i processi coinvolti nel problema. Fa luce su come è nato il problema e su come persiste.

Tabella 9 - Tabella riassuntiva 5W + 1H

La metodologia delle 5 W + 1 H è uno strumento versatile applicabile ogni volta che è necessario andare alla radice di un problema, sia in un contesto professionale, industriale o personale. Aiuta a scoprire le cause e consente di ottenere soluzioni efficaci, rendendola preziosa per il miglioramento continuo in vari scenari.

1. Definire il problema

Si rende necessario definire chiaramente il problema che si desidera affrontare. Al fine di garantire l'applicazione efficace della metodologia, la dichiarazione del problema deve essere concisa e specifica.

2. Formulare ed esplorare ogni domanda

L'applicazione prevede la risposta a sei domande: Cosa, Dove, Quando, Chi, Quale, Come. Si tratta di domande aperte che non consentono una semplice risposta sì/no, ma che richiedono di indagare diversi aspetti della questione. Rispondere a queste domande costringe il *problem solver* a condurre ulteriori indagini, prendendo in considerazione aspetti che potrebbero non essere stati inizialmente considerati o che potrebbero essere stati ritenuti irrilevanti.

3. Fenomeno rivisitato

L'ultima fase riguarda la formulazione del fenomeno, rivisto in tutte le sue caratteristiche. Rappresenta l'input approfondito per comprendere le cause profonde, collegando il fenomeno ad altri strumenti come i 5 perché. La risposta si basa sull'osservazione diretta o sui dati.

In conclusione, la metodologia 5W + 1H viene utilizzata per raccogliere informazioni complete e dettagliate su una situazione o un problema. Analizzando le risposte, si individuano le cause principali del problema. Queste sono le questioni fondamentali che, una volta affrontate, porteranno a una soluzione.

5.4. La metodologia Kaizen

Kaizen, dalle parole giapponesi KAI (cambiamento, miglioramento) e ZEN (buono, migliore), incarna il principio del miglioramento continuo. Nato dalle pratiche di successo della Toyota, il Kaizen prevede cicli sistematici di generazione, acquisizione e revisione dei miglioramenti.

Funzionando sia come strumento di risoluzione dei problemi, sia come approccio di ottimizzazione della produzione, enfatizza il coinvolgimento delle risorse umane per un continuo aumento dell'efficienza. La filosofia si allinea ai concetti fondamentali di vari metodi di miglioramento, come la *lean production*, la *Total Quality Management (TQM)*, riduzione delle scorte e logica *just in time (JIT)*, Kanban (un metodo per il rifornimento costante di materie prime e semilavorati, e il controllo statistico dei processi).

Il fulcro della metodologia Kaizen consiste nel migliorare continuamente l'efficienza produttiva attraverso il coinvolgimento umano. A seconda della complessità del miglioramento, si applicano diversi tipi di Kaizen:

- **Kaizen standard:** è utilizzato per affrontare problemi relativamente semplici o lineari. Si tratta di apportare miglioramenti incrementali a specifici aspetti di un processo, come la modifica del layout, la risoluzione di piccoli difetti di qualità, il miglioramento dell'ergonomia o la semplificazione dei flussi di lavoro. Il Kaizen standard è adatto quando l'identificazione del problema, la sua causa principale e la sua risoluzione, in genere, sono facilmente raggiungibili. È un approccio più immediato e mirato.

- **Major Kaizen:** si applica quando si affrontano questioni complesse o significative che richiedono un'analisi approfondita e possibilmente tecniche avanzate di risoluzione dei problemi. Comporta una fase di pianificazione e un'analisi più strutturata e completa. Il Major Kaizen affronta modifiche sostanziali al processo o al sistema, spesso richiedendo strumenti avanzati come il *Design of Experiments (DOE)*, la Teoria dei Vincoli, ecc. Si ricorre al Major Kaizen quando l'analisi della causa principale richiede prove tecniche e la complessità del problema richiede un esame più approfondito del processo e delle sue caratteristiche uniche.

La differenza nell'applicazione della metodologia standard o major Kaizen risiede nell'insieme di strumenti che possono essere utilizzati per esaminare a fondo ogni fase, a seconda della complessità del problema e dei dati da analizzare.

Questi sono i principali benefici attesi dall'applicazione della metodologia e della mentalità Kaizen:

- **Cambiamento positivo e miglioramento continuo:** Kaizen è uno strumento potente per guidare un cambiamento positivo e un miglioramento continuo della qualità, della produttività e della sicurezza.
- **Risoluzione efficace dei problemi e collaborazione:** coinvolgendo attivamente i membri del team, Kaizen facilita la risoluzione dei problemi e stabilisce un linguaggio comune, favorendo gli sforzi di collaborazione per raggiungere gli obiettivi specifici.
- **Riduzione dei costi:** l'applicazione di Kaizen è particolarmente utile per ridurre i costi operativi, migliorando così la competitività del processo produttivo.

Un punto focale della cultura Kaizen è l'interiorizzazione dello strumento per un cambio di mentalità: l'enfasi non è solo sul miglioramento del processo, ma anche sulla trasformazione dell'intero sistema operativo. Non va trascurato il concetto fondamentale del lavoro di squadra.

L'implementazione del Kaizen, sia esso standard o major, si articola su quattro fasi fondamentali che costituiscono il ciclo di Deming del miglioramento continuo (noto anche come PDCA): pianificazione (PLAN), esecuzione (DO), verifica dei risultati (CHECK) e implementazione delle correzioni ed estensione della soluzione a tutte le aree simili (ACT).

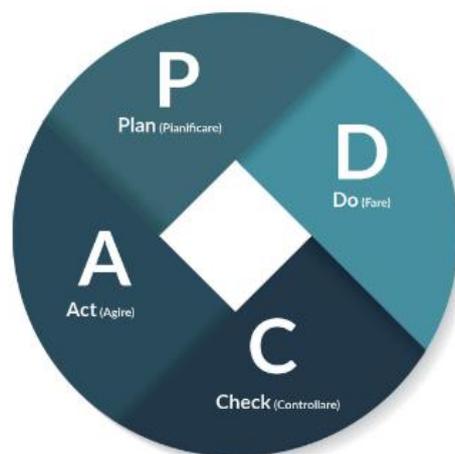


Figura 39 - Ciclo di Deming: Plan Do Check Act
(Fonte: Locicero, G., 2021)

PLAN

L'obiettivo principale della fase "Plan" di Kaizen è quello di identificare le aree specifiche che necessitano di miglioramento e stabilire obiettivi chiari per guidare il processo di miglioramento continuo. In questa fase, l'obiettivo è comprendere appieno la situazione attuale analizzando i processi esistenti e identificando le sfide e le opportunità di miglioramento.

1. Identificazione e pianificazione degli obiettivi: il primo passo per l'attuazione di un progetto Kaizen è l'identificazione delle aree da migliorare e la pianificazione degli obiettivi. Una volta identificato il processo, l'attenzione si sposta sul problema specifico da affrontare. È fondamentale formare un team interfunzionale in grado di affrontare e risolvere il problema.
2. Costruire il team: formare un team interfunzionale di persone con competenze complementari che collaborino per affrontare e risolvere le sfide identificate. La formazione di un team coeso è fondamentale per il successo del processo Kaizen.
3. Analisi *AS-IS*: avviare una fase di analisi *AS-IS* per raccogliere tutte le informazioni necessarie. Ciò include l'analisi qualitativa, i tassi di scarto e la loro origine, le distanze percorse dall'operatore, l'ingombro dei macchinari, il numero e la frequenza degli allestimenti, ecc.
4. Identificazione delle cause di inefficienza: identificare le ragioni dell'inefficienza, come colli di bottiglia, personale non qualificato, scarsa disponibilità di risorse e distribuzione impropria dei compiti. Implementare il processo di descrizione del problema, utilizzando strumenti come le *5W+1H* e gli schizzi.
5. Analisi della causa principale: una volta ottenuta una comprensione completa del problema, si procede con la ricerca della causa principale. Si utilizzano strumenti come i diagrammi di Ishikawa, i *5W* o metodi avanzati come *DOE*, Teoria dei vincoli, *VSM*, ecc.
6. Sviluppo di contromisure: identificare le migliori contromisure per eliminare il problema. Questo segna l'inizio della fase di progettazione della soluzione e/o lo studio di una situazione *TO-BE* che migliori lo stato iniziale.

DO

In questa fase, le idee di miglioramento vengono testate nell'area esaminata, direttamente o attraverso simulazioni. Le idee più efficaci vengono poi implementate. Per massimizzare i benefici di un intervento Kaizen, i membri del team devono osservare e registrare i dati, calcolando i benefici totali derivanti dalle soluzioni.

1. Testare le idee di miglioramento: sperimentare le idee di miglioramento direttamente nell'area interessata o attraverso simulazioni per valutarne l'efficacia.
2. Attuazione delle idee migliori: una volta individuate le idee più promettenti, si procede alla loro attuazione per apportare cambiamenti positivi.
3. Osservazione dei dati: i membri del team devono osservare attivamente e registrare i dati rilevanti durante tutto il processo di implementazione per misurare accuratamente l'impatto dei cambiamenti.
4. Calcolo dei benefici totali: valutare i benefici complessivi derivanti dall'implementazione della soluzione analizzando i dati registrati. Questa fase aiuta a quantificare il successo dell'intervento Kaizen e offre spunti per ulteriori miglioramenti.

CHECK

La fase di Check è una componente cruciale per verificare che i nuovi processi introdotti non solo vengano messi in pratica, ma anche adeguatamente consolidati, con risultati che si allineano strettamente alle aspettative iniziali.

1. Monitoraggio continuo: i membri del team Kaizen si assumono la responsabilità di monitorare costantemente le prestazioni del processo e dell'area di intervento. Ciò comporta l'osservazione e la raccolta di dati in tempo reale.
2. Documentazione sistematica: documentare sistematicamente i miglioramenti apportati a medio e lungo termine. Questa fase è fondamentale per tenere traccia dei cambiamenti e del loro impatto sulle aree interessate.
3. Confronto con i *benchmark*: confrontare i miglioramenti registrati con i benchmark stabiliti all'inizio del percorso Kaizen. Tale fase aiuta a valutare l'efficacia dei cambiamenti implementati rispetto agli obiettivi iniziali.
4. Analisi approfondita dei risultati: la fase di verifica va oltre la revisione di routine; comporta un'analisi approfondita dei risultati degli sforzi del team. L'analisi mira a comprendere non solo l'efficacia dei cambiamenti implementati, ma anche la loro sostenibilità nel tempo.
5. Stabilire cicli di *feedback*: concentrarsi sulla creazione di solidi circuiti di *feedback*. Questi meccanismi sono essenziali per il miglioramento continuo, in quanto consentono al team di ricevere input, apportare modifiche e ottimizzare i processi in base ai dati sulle prestazioni reali.

ACT

Una volta consolidato il processo di verifica del sistema di miglioramento, la nuova soluzione può essere implementata in tutta la struttura aziendale. La condivisione è fondamentale nella metodologia Kaizen, che incoraggia tutti i reparti a trarre ispirazione dai casi di successo e a implementare un nuovo processo di miglioramento sulla base dei risultati ottenuti dai colleghi. La mentalità Kaizen stimola la ricerca del miglioramento e la condivisione dei benefici.

1. Estendere l'implementazione a tutta l'organizzazione: una volta consolidata la nuova soluzione, bisogna estenderne l'implementazione all'intera struttura aziendale, assicurando una perfetta integrazione dei miglioramenti ottenuti in diversi reparti e aree.
2. Promuovere la condivisione delle conoscenze: sottolineare l'importanza della condivisione delle conoscenze nell'ambito della metodologia Kaizen. Bisogna incoraggiare tutti i reparti a trarre ispirazione dai casi di successo e ad implementare nuovi processi di miglioramento sulla base dei risultati ottenuti dai colleghi.
3. Ispirare il miglioramento continuo: promuovere la mentalità Kaizen che stimola il miglioramento continuo. È fondamentale condividere una cultura che ricerchi attivamente modi per migliorare i processi e condividere i benefici che ne derivano.
4. Identificare nuovi standard nella fase di azione: sfruttare la fase di azione per identificare nuovi standard. La formulazione di una nuova serie di linee guida e pratiche servirà come punto di riferimento per le future iniziative di miglioramento.
5. Attivare un nuovo punto di partenza: considerare il raggiungimento della fase ACT come un nuovo "punto di partenza" o una linea di base per le iniziative future. Questa attivazione diventa il catalizzatore per generare nuovi progetti Kaizen in futuro.
6. Mantenere il ciclo PDCA attivo: sottolineare l'importanza di mantenere il ciclo PDCA in evoluzione. Il mantenimento di questo ciclo rappresenta un processo di miglioramento virtuoso e continuo.

In sintesi, Kaizen è uno strumento pratico per la risoluzione efficiente dei problemi, che fornisce un approccio sistematico per identificare, analizzare e risolvere i problemi. La metodologia privilegia il coinvolgimento umano, incoraggiando la collaborazione e l'impegno per ottimizzare i processi produttivi. Il Kaizen sostiene piccoli cambiamenti incrementali nel tempo, riconoscendo il loro impatto cumulativo sull'efficienza e sull'efficacia. Sottolinea l'importanza del processo decisionale basato sui dati, assicurando che i miglioramenti si basino su prove e risultati misurabili. Il ciclo PDCA all'interno di Kaizen promuove un processo ciclico, consentendo un continuo perfezionamento e l'ottimizzazione delle soluzioni a lungo termine.

5.5. Logiche produttive

Le principali logiche produttive in un contesto industriale possono essere suddivise in due categorie principali:

- **Logica Push:** la produzione viene avviata in anticipo, sulla base di previsioni della domanda. Sia i materiali che le attrezzature vengono immessi nel processo produttivo, indipendentemente dal fatto che la domanda reale sia inferiore o superiore alle previsioni.
- **Logica Pull:** la produzione viene avviata solo quando è richiesta. I materiali e le attrezzature vengono quindi immessi nel processo produttivo solo quando sono necessari per soddisfare la domanda effettiva.

In generale, i dati alla base di un problema di schedulazione comprendono:

- un insieme di **risorse di produzione**, centri di lavoro o macchinari utensili, ciascuno specializzato nell'esecuzione di specifiche operazioni per contribuire alla produzione di determinati prodotti finiti;
- un **insieme di ordini di lavorazione** ("job"), ognuno caratterizzato da un ciclo di lavoro, che ne identifica la sequenza di operazioni necessarie per ottenere il prodotto richiesto, attraverso l'esecuzione delle specifiche fasi sui relativi centri di lavoro.
- **indicatori di performance**, in grado di valutare l'efficienza e l'efficacia delle attività svolte, ad esempio il confronto rispetto ai tempi standard di produzione o il ritardo rispetto ai tempi di consegna preventivati.

A seconda dello specifico contesto, il termine "job" può indicare un singolo pezzo o un lotto di produzione di prodotti identici, con le medesime caratteristiche. Ogni job è caratterizzato dal proprio ciclo di lavorazione che ne determina le fasi produttive, la sequenza in cui esse devono essere svolte, i centri di lavoro associati e il tempo di esecuzione standard definito per ogni fase di manodopera.

Per ogni job è essenziale conoscere:

- tempi di lavorazione di tutte le operazioni presenti nel ciclo di lavoro
- data di inizio lavorazione pianificata
- data di ipotetico completamento

Diversi sono i sistemi di schedulazione e movimentazione trattati nella letteratura scientifica e ampiamente diffusi nel contesto manifatturiero. Essi si differenziano soprattutto per le modalità di schedulazione e gestione della produzione implementate, oltre che per gli strumenti impiegati. Di seguito vengono riportate le principali soluzioni proposte in ambito operativo:

- **Tecniche matematiche:** concretamente modelli analitici e algoritmi, che necessitano di una modellizzazione puntuale dei vincoli di processo, come i macchinari a disposizione, la capacità produttiva, le risorse, vincoli fisici etc. Sono preferibili rispetto a tutte le altre soluzioni, in quanto, se ben strutturati, garantiscono una rigorosa precisione.
- **Metodi euristici:** vengono impiegati soprattutto quando non è possibile modellare, in termini strettamente matematici, tutti i vincoli del processo produttivo, oppure quando la modellazione si rende estremamente complessa e costosa. Le “*Regole di Priorità*” (*Dispatch List*) risultano essere uno degli strumenti più impiegati;
- I cartellini **Kanban**, in tutte le loro possibili tipologie

I sistemi di schedulazione si distinguono anche per le modalità di movimentazione. Immaginando il sistema produttivo in una qualsiasi azienda manifatturiera, si tende a rappresentare l’approccio di tipo “Push” in cui i materiali vengono avanzati (spinti) dal centro di lavoro di monte verso il centro di lavoro di valle, a seguito dell’esecuzione della lavorazione richiesta.

Tale ideologia è stata prevalente fino agli anni ’90, periodo in cui le aziende hanno iniziato ad implementare un approccio basato sui principi del *Toyota Production System* (TPS). La movimentazione dei materiali e dei prodotti avviene solo su richiesta del centro di valle, di conseguenza il centro di lavoro a monte effettua le lavorazioni solo quando necessario e in seguito ad un segnale generato dal centro di valle (cliente).

I due approcci possono convivere in sistemi cosiddetti ibridi *Push/Pull*, in cui nella maggior parte dei centri di lavoro presenti nello stabilimento produttivo prevale l’approccio di tipo *Pull*, ma in alcune aree, per vincoli di processo, i materiali vengono spinti verso valle secondo la logica *Push*.

Sistemi di schedulazione e movimentazione della produzione intermittente	Metodi	Schedulazione (in avanti)	Movimentazione	Logica
	Metodi ottimi di schedulazione	Metodi analitici e algoritmi	Spinta da monte	PUSH
	Metodi euristici di schedulazione	Regole di priorità (Dispatch List)		
	Kanban	Guidata dai cartellini di produzione presenti sulla rastrelliera	Tirata da valle tramite cartellini di movimentazione	PULL
	Base Stock	Guidata dai cartellini di produzione presenti sulla rastrelliera	Tirata da valle tramite cartellini di produzione	
	Synchro-MRP	Guidata dai cartellini Synchro 2 presenti sulla rastrelliera e dalla Dispatch List	Tirata da valle tramite cartellini Synchro1 a regime, e spinta da monte nel transitorio	Sistemi ibridi PUSH - PULL
	CONWIP	Guidata dai cartellini presenti sulla rastrelliera del centro di testa e autorizzati dalla Dispatch List	Tirata da valle per il centro di testa e spinta da monte per gli altri centri	
	OPT (Drum Buffer Rope)	Metodi analitici e algoritmi dei centri colli di bottiglia	Tirata da valle tramite Rope prima dei centri colli di bottiglia, spinta da monte dopo i centri colli di bottiglia	

Tabella 10 - Classificazione dei sistemi di schedulazione e movimentazione della produzione intermittente
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

5.5.1. Logica Push

La logica di produzione Push richiede la schedulazione dei centri di lavoro di monte. Una volta pianificati i programmi di lavoro la movimentazione sarà autonoma da monte verso valle, procedendo in ogni centro di lavoro secondo un flusso obbligato e unidirezionale, anche in termini di informazioni (vedi Figura 40).

Dunque, una volta terminata la lavorazione su un centro di monte, i materiali vengono “spinti” in avanti al centro di lavoro successivo, rispettando sempre il ciclo di lavoro. Tendenzialmente la sequenza dei lotti da processare su una singola risorsa è determinata attraverso delle regole di priorità (metodo euristico), con l’obiettivo di soddisfare esclusivamente le esigenze del centro di lavoro in questione, senza considerare le successive aree.

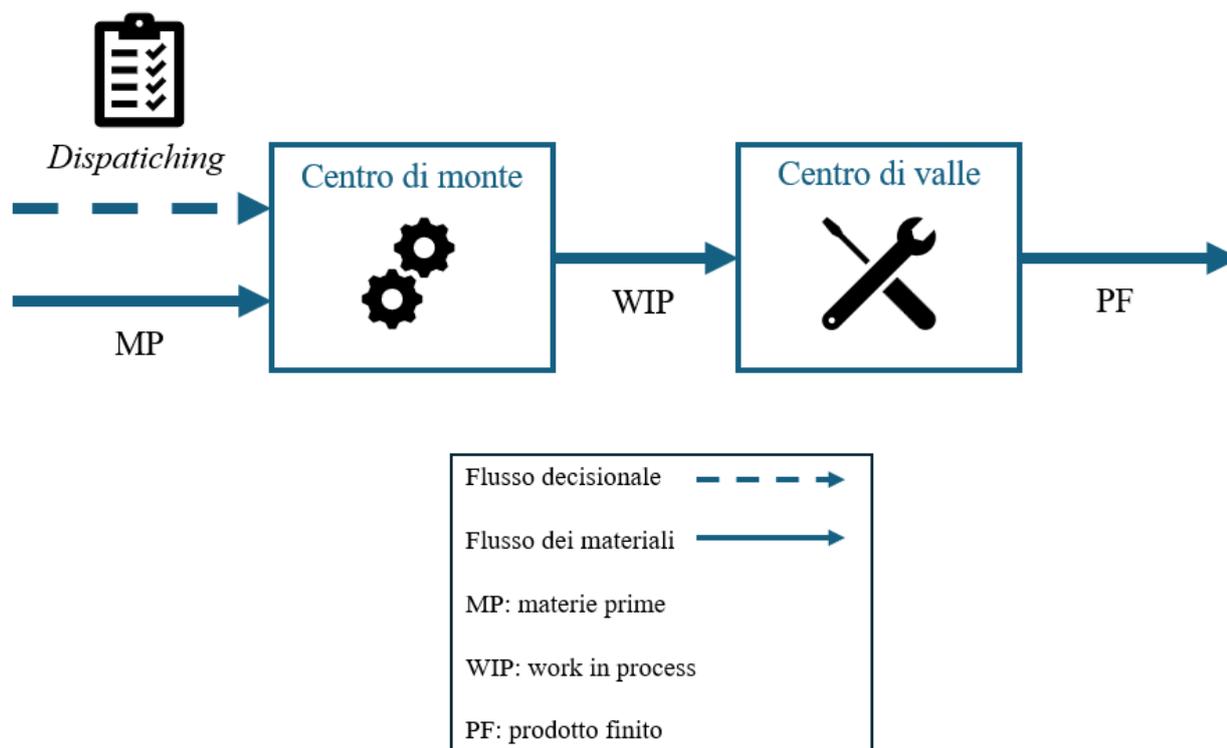


Figura 40 - Logica PUSH

Di seguito sono descritti i principali metodi di gestione della produzione secondo la logica Push.

I metodi di schedulazione ottimi

I metodi di schedulazione ottimi fanno riferimento a molteplici tecniche di ottimizzazione con l’obiettivo di ottenere la migliore soluzione considerando i vincoli imposti dal processo. Essi sono sempre supportati da una chiara dimostrazione.

I metodi di schedulazione ottimi comprendono diverse tecniche di ottimizzazione che garantiscono sempre la migliore soluzione in rapporto ai vincoli ed agli obiettivi prefissati e sono sempre corredate da una dimostrazione. Tali tecniche possono essere suddivise in due principali sottogruppi:

- Metodi analitici: attraverso una formula risolutiva permettono di calcolare il valore ottimale delle variabili decisionali attraverso la massimizzazione o minimizzazione di una funzione obiettivo;

- Metodi algoritmici: non utilizzano direttamente una formula risolutiva ma propongono la soluzione ottima attraverso una sequenza di procedimenti, da svolgere rispettando un ordine predeterminato.

I metodi di schedulazione euristici

A differenza dei metodi di schedulazione ottimi, quelli euristici si accontentano di fornire una soluzione sub-ottima rispetto agli obiettivi posti, ovvero una soluzione che rappresenti il giusto equilibrio tra l'efficienza dell'elaborazione e l'efficacia della stessa. Essi possono essere suddivisi in:

- Metodi euristici per sostituzione di obiettivo: si definisce un nuovo obiettivo, ridimensionato rispetto a quello originale, con l'intento di semplificare l'interazione con le variabili decisionali. In questo modo la soluzione ottima del nuovo obiettivo risulterà una soluzione buona per l'obiettivo originale.
- Metodi euristici "miopi" rispetto al tempo o allo spazio: si trascurano alcune delle possibili interazioni tra le variabili, ipotizzando che le assunzioni non impattino significativamente sul risultato.

La schedulazione tramite le regole di priorità: il *dispatching*

Tra tutte le possibili soluzioni proposte come metodi euristici, la più diffusa risulta essere sicuramente l'approccio basato sulle Regole di Priorità. La procedura consiste nell'allocare un'operazione per volta, non appena una risorsa si rende disponibile (al termine della lavorazione precedente), rispettando dei criteri di priorità orientati al raggiungimento di uno specifico obiettivo gestionale locale. Infatti, per ogni risorsa viene elaborata la cosiddetta *Dispatch List* (o lista delle priorità) contenente l'elenco delle operazioni da eseguire su un determinato arco temporale. Tale modalità di operare identifica un sistema di movimentazione "a spinta" o "Push", poiché:

- I materiali vengono "spinti" in avanti sulla base di un piano dettato da un sistema di pianificazione centrale
- Il flusso dei materiali attraverso i diversi centri viene guidato con criteri "locali" ignorando le esigenze del centro a valle; il flusso viene semplicemente "spinto" verso valle.

Di seguito sono riportate le principali regole di priorità impiegate in un contesto produttivo manifatturiero (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018):

1. *Regole che prendono in considerazione il tempo di lavorazione o il tempo di set-up:*
 - 1.1. *SPT (Shortest Processing Time) o MINPRT (Minimum Processing Time Per Operation) che assegna la priorità massima al job che ha il tempo di lavorazione più breve sulla macchina in questione*
 - 1.2. *TSPT (Truncated SPT) che opera analogamente alla SPT, ma quando un job supera un tempo di coda prefissato assume automaticamente la priorità massima;*
 - 1.3. *LPT (Longest Processing Time) che privilegia il job che ha il tempo di lavorazione più lungo sulla macchina in questione;*
 - 1.4. *LWKR (Least Work Remaining) secondo la quale viene schedulato il job che ha il minor tempo complessivo di lavorazione sulle macchine che deve ancora visitare;*
 - 1.5. *TWORK (Total Work) che carica il job avente il minimo tempo totale di lavorazione complessivo;*
 - 1.6. *MSUT (Minimum Setup Time) o MINS (Minimum Setup) che assegna la massima priorità al job avente il minimo tempo di setup considerato l'ultimo attrezzaggio effettuato.*
2. *Regole che operano sulla base della data di consegna:*

- 2.1. *EDD (Earliest Due Date) o MINDD (Minimum Due Date) secondo la quale viene schedulato il job avente la data di completamento più vicina;*
- 2.2. *OPNDD (Operation Due Date) che attribuisce la priorità massima al job con la “operation due date” più vicina.*
3. *Regole che considerano sia il tempo di lavorazione che la data di consegna:*
 - 3.1. *MST (Minimum Slack Time) o MINSOP (Minimum Slack Time Per Operation) che seleziona il job che ha il minimo valore di slack²³;*
 - 3.2. *S/OPN (Slack per Operation) o S/RO (Slack per Remaining Operations) che schedula il job che ha il minimo valore del rapporto (slack/numero di operazioni rimanenti);*
 - 3.3. *SPTEX (SPT con Expediting) secondo la quale i job vengono suddivisi in due classi di priorità: la prima classe, la quale contiene tutti i job che possono essere soggetti ad un anticipo della data di consegna, la seconda formata da tutti gli altri job. Secondo questa regola, vengono dapprima caricati i job della prima classe con la regola 1.1 SPT e solo quando questa classe risulta vuota si passa a quelli della seconda classe;*
 - 3.4. *CR (Critical Ratio) che privilegia il job avente il minimo valore del rapporto (data di consegna – istante attuale) / tempo di lavorazione rimanente.*
4. *Regole che operano a partire dai dati relativi all’impianto:*
 - 4.1. *NINQ (Number In Next Queue) il quale sceglie il job che ha la lavorazione successiva sulla macchina con il minor numero di job in coda;*
 - 4.2. *WINQ (Work in Next Queue) che schedula il job che ha la lavorazione successiva sulla macchina con la coda più breve in termini di carico di lavoro;*
5. *Regole che considerano la situazione dei job:*
 - 5.1. *FIFO (First In First Out) o anche FCFS (First Come First Served) che schedula il job entrato per primo in coda;*
 - 5.2. *LIFO (Last In First Out) che schedula il job entrato per ultimo in coda*
 - 5.3. *FROP (Fewest Remaining Operations) che privilegia il job con il minor numero di operazioni ancora da eseguire;*
 - 5.4. *MROP (Most Remaining Operations) che privilegia il job con il maggior numero di operazioni ancora da eseguire.*

Tutti i modelli euristici, specialmente il Dispatching, schedulano la produzione per la singola risorsa o l'intero centro di lavoro, partendo dalle date di inizio e di fine dei vari job da processare. Evidentemente una gestione di questo tipo può comportare notevoli disallineamenti tra la pianificazione e l'effettivo avanzamento dei job a causa dei molti vincoli che possono generarsi in un periodo di tempo successivo rispetto alla pianificazione.

In molte aziende i sistemi MES (Manufacturing Execution System) consentono di risolvere parzialmente queste anomalie, raccogliendo i dati in tempo reale, anche in merito agli avanzamenti delle attività rispetto a quanto pianificato. La reattività dei sistemi di schedulazione a breve termine e la capacità di analizzare e gestire correttamente tutte le casistiche riscontrate in produzione, permettono di affrontare in maniera efficace qualsiasi incongruenza.

In conclusione, la logica Push è un approccio tradizionale alla produzione che si basa sulla pianificazione della produzione in anticipo. Le previsioni della domanda vengono utilizzate per determinare la quantità di prodotti da produrre e quando produrli. I materiali e le attrezzature vengono quindi immessi nel processo produttivo in base a queste previsioni e seguono il flusso secondo i possibili metodi di schedulazione sopra descritti. Il concetto fondamentale si basa sulla produzione

²³ Slack = data di consegna – istante attuale – tempo di lavorazione rimanente

dei lotti da monte a valle: ogni centro di lavoro processa i materiali forniti dal centro a monte, fino al completamento di tutte le attività richieste.

La logica Push può essere efficiente in situazioni in cui la domanda è prevedibile e stabile. Tuttavia, può portare a sprechi se la domanda è imprevedibile o variabile. Ad esempio, se la domanda effettiva è inferiore alle previsioni, si avrà un eccesso di produzione, che dovrà essere smaltito o stoccato. Tale concetto può essere tradotto su tutta la linea di produzione immaginando ogni centro di lavoro come il cliente del centro a monte e il fornitore del cliente a valle.

5.5.2. Logica Pull

Con il passare del tempo, in risposta alle criticità emerse e descritte nell'applicazione delle logiche di produzione di tipo Push, si sono sviluppati modelli alternativi di schedulazione e movimentazione della produzione, i quali non si basano più su un approccio di tipo Push, centrato sull'uso delle regole di priorità descritte, ma piuttosto su uno di tipo Pull, fondato sul cosiddetto "sistema *Kanban*".

Costantemente ispirato dal principio della "ricerca della semplicità", aspetto caratteristico nelle strategie produttive just-in-time e nei paradigmi della Lean Production, tale approccio ha avuto origine e si è diffuso inizialmente nelle aziende giapponesi, in particolare presso la Toyota Motor Corporation.

Quando nello svolgimento di un processo (inteso come sequenza di attività) l'attività di valle "tira" quella di monte, si parla di logica Pull (vedi Figura 41). In altre parole, l'obiettivo è segnalare all'attività a monte che l'attività a valle sta eseguendo una specifica azione, la quale, a sua volta, dovrebbe innescare una determinata reazione nell'attività a monte.

Nei sistemi Pull, nella condizione di assenza degli ordini di produzione pianificati, la lista delle priorità, la quale specifica per ogni centro di lavoro l'elenco dei lavori da eseguire su un determinato orizzonte temporale, viene sostituita da segnali provenienti dai centri di valle. Questi ultimi segnalano ai centri di monte quando avviare la produzione di quantità definite in base alle esigenze dei centri di valle.

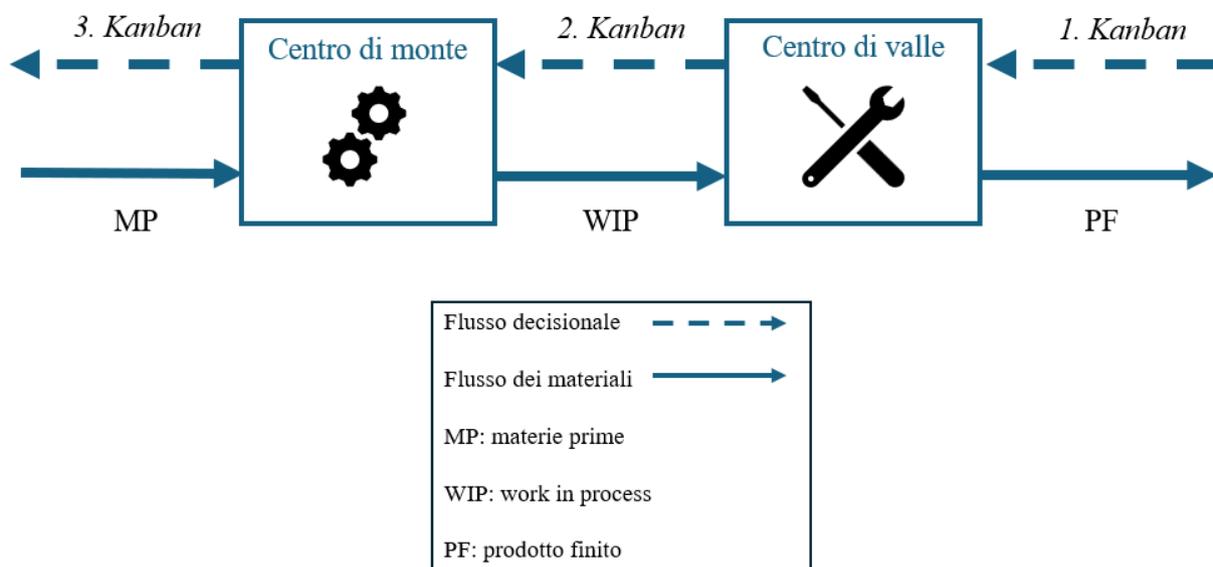


Figura 41 - Logica PULL

Il segnale Pull per antonomasia è rappresentato dal cartellino *Kanban* sviluppato da *Taichi Ohno* all'interno degli stabilimenti della Toyota tra gli anni '50 e '70 del secolo scorso. Il *Kanban* può essere di svariate forme: un cartellino (*kanban* tradizionale), contenitori (pieni o vuoti), in forma di spazio riempito o vuoto per terra, una richiesta digitale (*e-kanban*) per fornitura del materiale. La lista delle regole di priorità del sistema Push viene sostituita dalla sequenza dei cartellini *kanban* pervenuti da valle che specificano quando, cosa e quanto produrre.

Caratteristiche	Sistema Push	Sistema Pull
Rilascio del programma di produzione	Viene fornito un piano di produzione dettagliato ai singoli centri di lavoro	Il programma di produzione viene rilasciato solamente ai centri di lavoro finali
Modalità di movimentazione dei lotti	La movimentazione dei lotti avviene a lavorazione ultimata, spingendo in avanti i materiali secondo quanto previsto dal ciclo di lavoro	La movimentazione dei lotti avviene solo su richiesta proveniente dal centro di valle
Direzione del flusso delle informazioni	Flusso delle informazioni e flusso dei materiali seguono la stessa direzione	Il flusso delle informazioni va in senso opposto rispetto al flusso dei materiali
Presenza di un meccanismo di limitazione del WIP	Non vi sono limiti per il WIP	Il WIP è limitato esplicitamente dal numero totale di cartellini circolanti nel sistema

Tabella 11 - Principali caratteristiche dei sistemi di schedulazione e movimentazione operanti con logica Push e Pull
(Fonte: Adattamento da De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018)

La logica Pull è un approccio più moderno alla produzione che si basa sulla produzione su richiesta. La produzione viene avviata solo quando è richiesta dal cliente, centro di lavoro a valle. I materiali e le attrezzature vengono quindi immessi nel processo produttivo solo quando sono necessari per soddisfare la domanda effettiva, in termini di quantità e tempistiche.

5.5.2.1. Kanban

In giapponese il termine *Kan* (看) significa “visuale”, mentre *Ban* (板) significa “insegna” o “segnale”, e generalmente viene tradotto con il termine cartellino. È a tutti gli effetti un simbolo identificativo che segnala la necessità di effettuare un’azione, come l’avvio della produzione in uno specifico centro di lavoro, il riordino di una certa quantità di componenti etc.

Dalla descrizione dei diversi tipi di sistemi kanban emergono le seguenti importanti considerazioni (Monden., Y., 1986):

- Il kanban di prelievo autorizza il movimento di un determinato componente. Il cartellino è sempre associato ad un contenitore standard di parti, vuoto quando si muove dal centro di valle a quello di monte (richiesta di materiale), pieno viceversa (richiesta soddisfatta);
- Il kanban di produzione autorizza la produzione di un contenitore standard di parti per rimpiazzarne uno appena prelevato da un punto di stoccaggio in uscita;
- Il centro di lavoro di valle ordina i componenti nelle quantità stabilite e specificate sul cartellino kanban;
- L’unità operativa di monte produce i componenti nelle quantità stabilite e specificate sul cartellino kanban, richieste a valle;
- Nessun contenitore e materiale viene prodotto o movimentato in assenza di kanban (escluso nel caso vuoto per pieno);
- Tutti i contenitori hanno sempre un kanban attaccato;
- È vietata la produzione di lotti superiore al numero di schede kanban;

- I pezzi difettosi non devono mai essere fatti avanzare verso le fasi a valle;

Per attuare nel migliore dei modi il sistema kanban, è necessario rispettare diversi prerequisiti:

- Riduzione dei tempi di attrezzaggio → metodologia SMED
- La standardizzazione dei cicli di produzione e delle attività sul posto di lavoro
- Ri-layout dei macchinari
- Manutenzione preventiva
- Riprogettazione dell'organizzazione del lavoro e flessibilità della manodopera
- Controllo autonomo dei difetti
- Livellamento della produzione

Tra tutti i requisiti elencati, la riduzione dei tempi di attrezzaggi è uno dei principali. Infatti, solo attraverso la minimizzazione dei tempi di setup è possibile ridurre la dimensione dei lotti di produzione e rispondere in maniera rapida alle fluttuazioni della domanda di produzione. A tal proposito, è utile citare la metodologia SMED, sviluppata da Seigo Shingo in Toyota.

L'acronimo SMED significa “*Single Minute Exchange of Die*”, letteralmente si potrebbe tradurre come “ogni singolo minuto in cambio della morte”. In termini produttivi rappresenta perfettamente la necessità di sfruttare al meglio ogni centesimo di minuto per produrre in maniera efficace ed efficiente. Secondo tale metodologia le operazioni di attrezzaggio dovrebbero essere ridotte in maniera estrema, diminuendo le fasi di attrezzaggio al di sotto dei 10 minuti.

L'attività di attrezzaggio può essere considerata come una delle principali cause di improduttività di un processo produttivo. Non è riconosciuta come un'attività a valore aggiunto e riduce la capacità produttiva di macchine ed impianti, impattando sul tempo disponibile netto. Spesso necessita di risorse umane per essere svolta ed è molto limitante per l'organizzazione della produzione poiché interrompe il flusso continuo dei materiali.

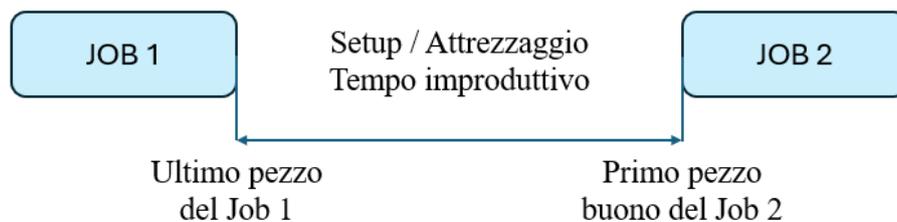


Figura 42 - Attrezzaggio

Nella maggior parte dei contesti produttivi è possibile suddividere l'attrezzaggio in 4 fasi distinte:

- 1) smontaggio utensili adoperatori per il Job 1
- 2) controllo e sostituzione degli utensili necessari per la lavorazione del Job 2
- 3) aggiustamenti e modifiche da apportare a risorsa/impianto produttivo
- 4) messa a regime dell'impianto

Durante queste quattro fasi vengono svolte una serie di attività che possono essere suddivise tra (Shingo., S., 1985):

- Attività interne: si definiscono tali tutte le attività svolte nel momento in cui la risorsa/macchina è ferma (non produttiva). Ad esempio, rientrano in questa categoria tutte le azioni necessarie per lo smontaggio e il montaggio degli utensili, pulizia ecc.
- Attività esterne: tutte le attività che possono essere effettuate anche mentre la macchina è produttiva, come la ricerca degli utensili per il job successivo, la ricerca dei documenti tecnici ecc.

I concetti fondamentali della metodologia SMED sono 4:

- Separare l'attrezzaggio interno dall'attrezzaggio esterno
- Convertire, per quanto possibile, l'attrezzaggio interno in attrezzaggio esterno
- Ridurre l'attrezzaggio interno
- Abolire il riattrezzaggio

Al fine di implementare concretamente questi 4 concetti è necessario osservare, descrivere e mappare il processo attuale con estremo dettaglio. Una volta identificate tutte le fasi bisogna categorizzarle in interne ed esterne. Successivamente avviene la conversione, per quanto consentito, delle attività interne in attività esterne. A seguito della standardizzazione delle attività, dopo aver raggiunto un risultato discreto, si procede con l'ottimizzazione delle attività interne attraverso la riduzione dello sforzo, delle movimentazioni e delle distanze. Infine, come ultimo margine di miglioramento, si ottimizzano le attività esterne tramite la definizione di postazioni di lavoro ottimali per la gestione degli utensili e degli strumenti richiesti, fino a standardizzare il processo e monitorarlo tramite procedure semplici di verifica delle operazioni.

5.5.3. Sistemi ibridi Push/Pull

Come descritto in precedenza, per fare in modo che il sistema kanban sia correttamente implementato, è necessario operare in un sistema in cui la produzione sia correttamente bilanciata e gli attrezzaggi possano essere effettuati senza un impatto significativo sulla produzione. Inoltre, la manodopera deve essere versatile tra le varie aree di lavoro, per cui si richiede un elevato livello di competenza e di polivalenza delle risorse a disposizione.

Quando tali condizioni non sono rispettate la gestione tramite il sistema kanban risulta essere una strada molto difficile da percorrere e spesso non si riescono ad ottenere i benefici attesi.

In questi casi è possibile gestire la produzione attraverso dei sistemi di schedulazione e movimentazione dei materiali basati su una logica definita ibrida Push/Pull. Tra i principali sistemi impiegati nelle aziende manifatturiere si citano il Synchro-MRP, il CONWIP e l'OPT²⁴.

Specialmente l'OPT, basato sui principi della Theory of Constraints, si sta diffondendo in maniera esponenziale. Il concetto principale risulta essere l'identificazione chiara dei colli di bottiglia presenti all'intero degli stabilimenti produttivi, ai quali viene assegnato un ruolo centrale per tutte le attività di pianificazione e schedulazione della produzione.

²⁴ "OPT" acronimo di *Optimised Production Technology*, è una metodologia di programmazione e controllo della produzione basata sull'ottimizzazione dell'impiego delle risorse produttive. L'obiettivo di OPT è quello di ridurre i tempi di ciclo, gli sprechi e i costi di produzione, migliorando la qualità e la flessibilità dell'intero sistema produttivo.

5.5.3.1. La metodologia Drum – Buffer – Rope

La Theory Of Constraints (Teoria dei vincoli) è stata divulgata nel mondo da Eliyahu Goldratt, fisico israeliano, principalmente attraverso il libro *The Goal* del 1984, venduto in oltre quattro milioni di copie e tradotto in numerose lingue. (Goldratt., E.M., & Cox., J., 1984). Il libro diffonde in modo avvincente un'innovativa filosofia gestionale, in cui l'impresa può essere rappresentata come un sistema complesso definito mediante processi interdipendenti e correlati tra loro e il funzionamento del sistema è disciplinato solo da alcuni vincoli (*constraints*) che ne determinano le performance. I *constraints* risultano essere le leve fondamentali su cui agire per controllare il sistema e orientarlo al raggiungimento degli obiettivi.

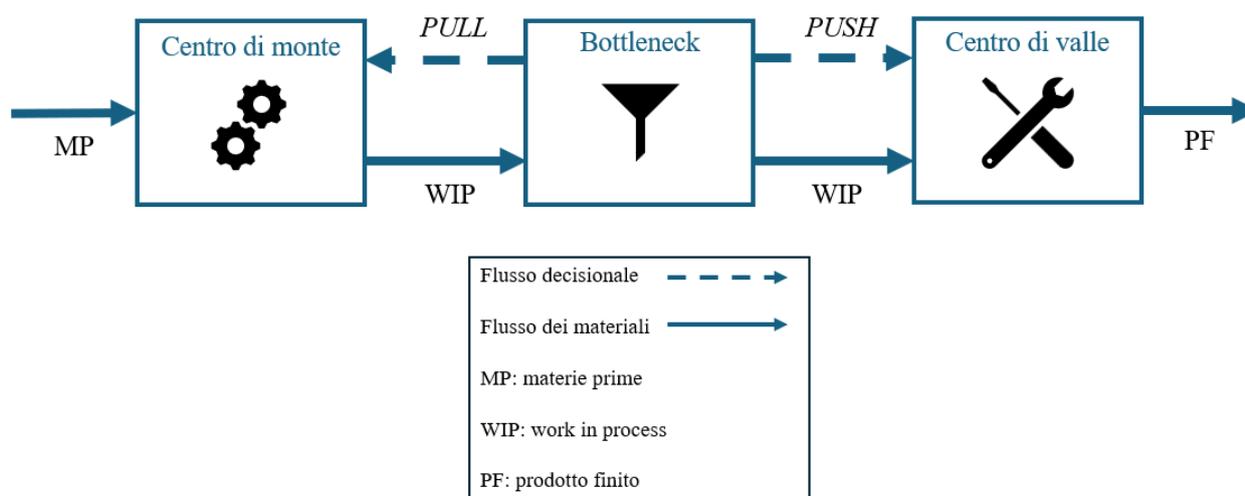


Figura 43 - La metodologia Drum - Buffer - Rope

La filosofia *TOC* (*Theory of Constraints*) si caratterizza per un approccio particolare alla gestione e controllo della produzione che ricerca la sincronizzazione globale dei processi produttivi a partire da un'attenta analisi delle risorse critiche (*CCR – Critical Constraints Resource*) presenti all'interno del sistema. In altre parole, l'obiettivo di garantire un costante e regolare flusso dei materiali all'interno del sistema operativo può essere ottenuto focalizzando l'attenzione sui colli di bottiglia che vincolano l'intero sistema.

Cox e Schleier (2010) sostengono che: “La capacità produttiva di un sistema produttivo è univocamente determinata dalla capacità dei CCR: le altre operazioni possono essere eseguite con qualsivoglia rapidità, ma l'output complessivo non risulta in alcun modo incrementato” (*Cox. III J., & Schleier., J., 2010*).

In un sistema produttivo caratterizzato da colli di bottiglia, il dimensionamento dei lotti è generalmente finalizzato a ridurre i costi di setup. In particolare, è preferibile processare lotti di dimensioni maggiori, per ridurre il numero di setup. Questo approccio consente di ridurre il numero di attrezzature utilizzate, aumentando la quota di tempo disponibile per le lavorazioni e migliorando, di conseguenza, le prestazioni del sistema, in quanto il collo di bottiglia²⁵ è utilizzato, per definizione, al massimo della sua capacità.

²⁵ In gestione della produzione, un collo di bottiglia è un punto del processo produttivo in cui la capacità produttiva è inferiore alla domanda. Questo causa un'interruzione del flusso di lavoro e può portare a ritardi, sprechi e costi elevati.

Tendenzialmente in un sistema produttivo senza colli di bottiglia, è possibile movimentare i lotti in modo sequenziale, ovvero attendere il completamento di tutto il lotto prima di movimentarlo al centro successivo. Tuttavia, in presenza di centri di lavoro critici, potrebbe essere opportuno movimentare i lotti in maniera non sequenziale, ovvero in piccole quantità, ottenute frazionando opportunamente il lotto iniziale lanciato in produzione. Questo approccio, noto come tecnica di *overlapping*, consente di ridurre i tempi di attesa tra i centri produttivi, riducendo il numero di lotti in coda al collo di bottiglia e i tempi di attesa per l'avvio delle lavorazioni presso i centri successivi.

Le considerazioni sin qui esposte, che costituiscono gli elementi centrali della filosofia TOC in ambito produttivo, sono state tradotte in un certo numero di regole fondamentali universalmente note come principi di base (De Toni, A. F., & Panizzolo, R., 2018):

- È importante ottenere il bilanciamento del flusso, non la saturazione della capacità produttiva globale
- Il grado di impiego di una risorsa produttiva non critica va determinato in funzione dei limiti intrinseci dell'intero sistema e non del suo potenziale di capacità
- “impiego” e “attivazione” di una risorsa produttiva non sono sinonimi. Impiego si riferisce a “cosa possiamo fare”, attivazione a “cosa si dovrebbe fare”
- La fermata di una risorsa critica condiziona direttamente le prestazioni dell'intero sistema produttivo
- Un miglioramento di una risorsa non critica è irrilevante per le prestazioni dell'intero sistema produttivo
- Le risorse critiche condizionando direttamente il livello del *work in process* e delle scorte a magazzino
- La movimentazione dei materiali all'interno del sistema produttivo può avvenire per quantità diverse da quelle dei lotti in lavorazione (*overlapping*)
- La dimensione del lotto può variare durante le fasi di lavorazione (con consumo o generazione di semilavorati)
- La schedulazione dei job deve avvenire considerando contemporaneamente tutti i vincoli del sistema. I *lead time* sono il risultato del processo di schedulazione e non vanno predeterminati

Il sistema *OPT* (*Optimized Production Technology*) regola i flussi dei materiali all'interno del sistema produttivo, dal loro rilascio al controllo degli avanzamenti tramite la metodologia *Drum Buffer Rope* (*DBR*).

Come affermano Umble e Srikanth (1989) nel libro intitolato *Synchronous Manufacturing*, (Umble., M.M., Srikanth., M.L., 1990) essa impone che gli ordini da lavorare siano sincronizzati con il ritmo di produzione dell'elemento del sistema produttivo che ha la capacità minore (*bottleneck*). Tale collo di bottiglia viene chiamato *Drum*. Per operare in questo modo è necessario:

- Elaborare un piano di produzione coerente con la capacità della risorsa critica (*Drum*)
- Definire la sequenza dei lotti da lavorare sul collo di bottiglia coerentemente con quanto previsto dal piano di produzione
- Introdurre nel sistema produttivo una serie di *Buffer* in modo tale da rendere “robusto” il processo produttivo ovvero poco sensibile a variazioni di parametri quali il *WIP*, tempi di lavorazione e attrezzaggio, difettosità, tempi di movimentazione e attesa, ecc.
- Impiegare un meccanismo denominato *Rope* (letteralmente corda) in grado di sincronizzare il rilascio dei materiali in ingresso (*gate*) al sistema produttivo con quanto viene effettivamente lavorato presso il collo di bottiglia (*Drum*). Bisogna assicurarsi che tutte le operazioni a monte

del collo di bottiglia (che non sono critiche) potrebbero (potenzialmente) produrre più velocemente di questo. La funzione del *Rope* è quella di schedare il rilascio dei materiali per il primo centro di lavoro limitando l'immissione di materiale per garantire la costanza del *Work in Process (WIP)*

Il collo di bottiglia deve quindi essere protetto tramite un buffer che svolge la funzione di cuscinetto nel caso di eventuali ritardi che possono generarsi durante le lavorazioni dal punto di rilascio al collo di bottiglia stesso.

6. Caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura

Il capitolo descrive l'applicazione pratica di alcuni dei principali fondamenti della *lean production* e dei concetti teorici descritti finora. La trattazione verte sull'analisi degli sprechi riscontrati nell'area di meniscatura dello stabilimento produttivo EssilorLuxottica di Lauriano (TO).

Tutte le analisi effettuate sono state frutto di una metodica applicazione degli insegnamenti teorici appresi dai diversi corsi di studio, in particolare il corso di Gestione della produzione, combinati con i riscontri pratici e le linee guida fornitemi durante l'esperienza di tirocinio, svolta all'interno dell'azienda, in qualità di *Manufacturing Engineer*.

Il caso studio proposto è stato pubblicato come esempio di applicazione della metodologia Kaizen, nell'apposita lezione caricata nel portale di formazione di EssilorLuxottica "Leonardo".

È stata applicata, in maniera rigorosa, la metodologia del *PDCA (Plan Do Check Act)*, secondo cui è necessario pianificare, agire, monitorare i risultati, standardizzare le operazioni ed espandere la soluzione fin dove possibile.

Nel dettaglio, a seguito di uno studio approfondito sulle attività svolte dagli operatori, è stato posto il focus sulla ricerca delle attrezzature necessarie per compiere la fase di lavorazione di meniscatura. Quindi, è stato proposto lo sviluppo di un sistema innovativo, finalizzato all'ottimizzazione delle attività di gestione e di ricerca delle attrezzature, basato sulla tecnologia "*Pick & put to light*".

Tutte le metodologie descritte nei capitoli precedenti, dai principi della *lean production* ai 7 sprechi descritti da *Ohno*, sono necessarie per comprendere la logica applicata nel caso in esame.

Nella seguente trattazione sono riportati tutti i dettagli delle analisi e delle attività svolte per la realizzazione di un progetto aziendale, finalizzato all'efficientamento delle attività a non valore aggiunto (*NVAA*) svolte nell'area di meniscatura.

6.1. Glossario caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura

Per comprendere a fondo il caso studio è necessario elencare e specificare alcuni termini tecnici, per cui segue un glossario.

Modello: codice prodotto che identifica la tipologia di occhiale. Esso è caratterizzato da una stringa di valori alfanumerici (vedi Figura 44).

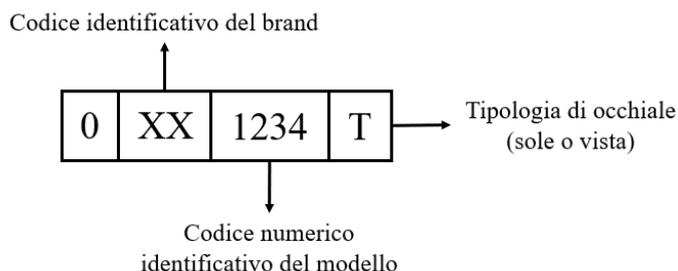


Figura 44 - Esempio struttura codice modello occhiale

Il codice del *brand*, acronimo del marchio, è composto da due caratteri alfabetici che identificano univocamente il brand del modello in questione. Ad esempio [PO] per il marchio Persol, [OV] per il marchio Oliver Peoples, ecc. Segue la stringa numerica del modello, caratterizzato da 4 cifre che rappresentano univocamente il modello in questione. Tale codice segue un ordine crescente a seconda del periodo temporale di progettazione, ad esempio lo storico 0PO0649 è stato progettato prima del modello 0PO3210S. A volte è possibile trovare anche l'informazione del fitting, le possibili lettere sono: **A** (adatto ai tratti asiatici); **D** (design per tratti asiatici); **F** (Full fitting); **U** (adattabilità universale). Infine, troviamo l'informazione della tipologia di occhiale, che può essere da sole (tendenzialmente rappresentato con una "S") o da vista (tendenzialmente rappresentato con una "V").



Figura 45 - Esempio codice modello PO9649S
(Fonte: Persol, 2023)

Calibro: identifica la taglia dell'occhiale. Come per le scarpe, esistono delle taglie standard anche per gli occhiali (esempio 51). È la dimensione degli occhiali e del ponte, e indica il diametro compreso tra i bordi nasali e temporali della lente o la distanza fra i lati verticali del frontale. Indica il diametro della lente, corrispondente alla sua ampiezza nel punto massimo (vedi Figura 46).



Figura 46 - Esempio informazione calibro modello OPO0649
(Fonte: Persol, 2023)

Calotta di meniscatura: attrezzatura necessaria per effettuare la piegatura del frontale secondo la curvatura progettata. Tipicamente le calotte vengono realizzate in ottone, oppure in alluminio con le dime (rialzi delle orbite) in ottone.

Ordine di produzione: tutto il WIP viaggia accompagnato dal rispettivo ordine di lavorazione (o “*microlotto*”) che ne identifica tutte le caratteristiche. Fisicamente risulta essere un cartellino di produzione, in formato A4, stampato su fogli di diversi colori. Ogni colore identifica la settimana in cui è iniziata la lavorazione dell'ordine di produzione (esempio: foglio rosa = settimana 1; foglio verde = settimana 2; foglio blu = settimana 3; foglio giallo = settimana 4). Sul cartellino di produzione è riportato l'intero ciclo di lavoro, con il dettaglio di tutte le fasi e i componenti richiesti, le *milestone* di riferimento (*gateway* di controllo per l'avanzamento degli ordini in stabilimento), un *barcode* che identifica univocamente l'ordine di produzione e tutte le informazioni riguardanti il prodotto, quali codice modello, taglia (o calibro), colore, quantità da produrre, etc. (vedi Figura 47).

Del Week: 2018 06		Tipo Ord: 2P10	Plan. Date: Fin: 15.02.2018 W07 Str: 29.01.2018 W05	Prod. Sch + Area PER IT	Modello: 0OV5004	UM: NR	QTY: 80
Fin. Date: 08.02.2018 Str. Date: 22.01.2018		Parallel Link: 06 4/061		First Time:	Rework:	TGNO: 4720	Griglia: 1005 47
St. Loc: 0810						Stand. Box:	
Milestone:	Yield:	Scrap:	End Date:	Descrizione:		Descrizione Colore:	
PREL			24.01.2018	OCCHIALE ACETATO UNISEX VISTA		NERO	
TAF1	80		25.01.2018	Father & Founder:			
PAI1	38		25.01.2018	MTO:		1800208555	
PAE1	76	2.000 ANT	25.01.2018	MOD.3PZ = NO			
INC1			26.01.2018	PRO1 - ATTENZIONE = *RUOTE*****			
PBF1			29.01.2018				
BUF1			30.01.2018				
CQFR			01.02.2018				
KIT1			05.02.2018			KIT: OV24.A	
PASS			06.02.2018	SPESSORE TAVOLETTA = 80/10		HEN = 73	
LSR1			06.02.2018	ALETTA / SPESSORE O PREFORMATA = 20-ott			
IPRE			06.02.2018				
ASS1			06.02.2018				
PUL1			06.02.2018				
BRL1			06.02.2018				
KIT2			06.02.2018				
FIN1			06.02.2018				
BRIP			06.02.2018				
BAT1			06.02.2018				
Model Link:						200108024311	
				***** N1 COLORE = LASER+SMALTO INTERNO ASTE			
				PANTOGRAFO (TIPO) = HAUG			
				PANTOGRAFO (INTERNO) = HAUG			
				CURVATURA FRONTALE = 06GRAD			
				ANGOLO PANTOSCOPICO (INCL.A5) = 11GRAD			

La presente tessera è strettamente personale.
Segnalare tempestivamente, l'eventuale smarrimento
e ritrovamento all'indirizzo sotto indicato.
La tessera dovrà essere restituita al termine dell'attività.
Non avvicinare a calamite o corpi metallici.

Luxottica
direzione del Personale
Via Valcozzera, 10
32021 Agordo (BL) - Italia



102003

IV.FRESATO HAUG = 014000047000000

Figura 47 - Esempio ordine di produzione
(Fonte: Torres Castro, J. C., 2018)

6.2. La lavorazione di meniscatura

La realizzazione di un occhiale in acetato richiede una serie di fasi di lavorazione, descritte nel capitolo 1.3.5.3. (vedi Figura 48).



Figura 48 - Il processo produttivo di un occhiale in acetato: la meniscatura (Grezzo Frontale)

La meniscatura consente all'occhiale, una volta fresato e modellato, ma ancora piatto, di ottenere una particolare curvatura, appositamente studiata in fase di progettazione. La lavorazione consiste nel piegare la superficie del frontale nella zona del naso, per ottenere una forma anatomica dello stesso e migliorarne la calzatura delle orbite. Si posiziona il frontale sull'apposito stampo di piegatura (detto anche "calotta di meniscatura"), specifico per modello e calibro. Dopo averlo riscaldato, il frontale deve essere curvato tramite una pressa semiautomatica. Terminata la pressatura si inserisce il frontale in acqua fredda per fissare la curvatura. In Figura 49 è riportata l'immagine dello stesso frontale prima (1) e dopo (2) l'operazione di meniscatura.



Figura 49 – Prodotto della lavorazione di meniscatura
(Fonte: Piattaforma Leonardo)

Questa curvatura, detta “*piegatura*”, si ottiene riscaldando il frontale e premendolo su uno stampo curvo (a coppa), sagomato in base al modello su cui si sta lavorando. La curvatura dello stampo conferisce l’angolo pantoscopico e frontale alla montatura, 2 angoli che caratterizzano la posizione finale della lente in relazione all’occhio del cliente.

Per effettuare tale lavorazione l’operatore specializzato ha bisogno di strumenti e documenti specifici, elencati nella *tabella 12*.

Tipologia	Necessario
Materiale	Frontale
Attrezzatura	Calotta e dime di meniscatura
Attrezzatura	Coppe di silicone
Macchina	Forno
Macchina	Meniscatrice
Macchina	Frigo di raffreddamento
Documento	Ordine di produzione
Documento	Disegno tecnico montatura
Documento	Disegno tecnico attrezzatura

Tabella 12 - Materiali, attrezzature e documenti necessari per la lavorazione di meniscatura

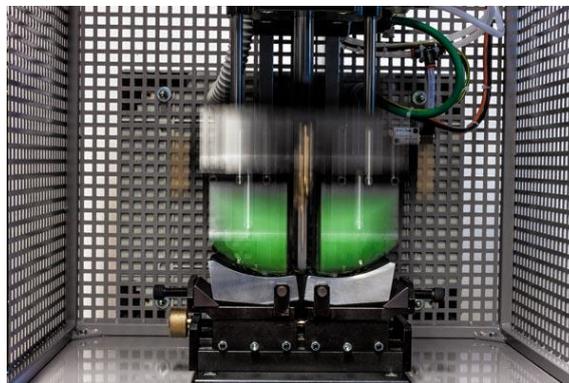
Per la lavorazione di meniscatura di un ordine di produzione, l'operatore svolge, in sequenza, le seguenti attività:

1. Visione e presa in carico dell'ordine di produzione
2. Visione documenti (disegno tecnico montatura e attrezzatura)
3. Ricerca e prelievo attrezzatura
4. Posizionamento e attrezzaggio calotta
5. Setup macchina di meniscatura
6. Setup forno di riscaldamento frontale
7. Inserimento frontale in forno (*vedi Figura 50*)



*Figura 50 - Forno di meniscatura
(Fonte: Bottegantiqua Occhiali, 2017)*

8. Fase di lavoro di meniscatura (*vedi Figura 51*)



*Figura 51 - Fase di meniscatura
(Fonte: Bottegantiqua Occhiali, 2017)*

9. Controllo qualità per rispetto quote come da disegno tecnico
10. Inserimento frontale nel frigo di raffreddamento

6.3. Applicazione della metodologia Kaizen (PDCA)

Al fine di realizzare il progetto proposto, è stata applicata la metodologia Kaizen, descritta precedentemente nel capitolo 5.4.

Di seguito sono descritte tutte le attività svolte, nel rispetto dell'implementazione della logica *PDCA* (*Plan – Do – Check – Act*).

PLAN

Durante la fase “plan” di Kaizen, il primo passo è stato quello di descrivere il problema utilizzando il metodo dei 5W + 1H (*vedi capitolo 5.3*).

Who	Operatore e capoturno
What	Elevato tempo di ricerca dell'attrezzatura
When	Operazione ripetuta ogni volta che si produce un modello diverso rispetto a quello già in lavorazione, ad ogni attrezzaggio è necessario ricercare l'attrezzatura
Where	Reparto grezzo frontali, area produttiva di meniscatura
Which	Assenza di un database delle attrezzature da gestire e gestione a vista.
How	Impatto negativo sull'efficienza produttiva

Tabella 13 - Tabella 5W + 1H applicata al caso studio

Il problema è stato individuato in un'attività indiretta nell'area di meniscatura dei frontali grezzi, legata alla fase di setup iniziale del macchinario di meniscatura: ogni volta che un operatore inizia la produzione di un nuovo modello è necessario un nuovo attrezzaggio macchina. L'attività consiste nel rimuovere la calotta in uso dalla macchina di meniscatura, depositarla all'interno di uno scaffale, per poi prelevare la nuova calotta necessaria alla lavorazione da svolgere, che viene montata in macchina. Questo processo viene ripetuto con una frequenza elevata da ogni operatore, per ogni turno di lavoro. Durante la fase successiva del metodo 5W + 1H, è emerso che la causa principale riguardava il metodo di ricerca delle attrezzature. Infatti, non esisteva un metodo standardizzato per allocare le calotte all'interno degli scaffali di immagazzinamento; inoltre, non era presente nessun database che assistesse gli operatori nel posizionamento e nella scelta di una nuova attrezzatura per il setup. La mancanza di una struttura standardizzata implicava una perdita di tempo notevole da parte degli operatori, con un conseguente impatto sul rendimento della manodopera. Dopo aver identificato la causa principale dell'inefficienza, sono state pianificate una serie di azioni ed è stato stabilito un obiettivo.

DO

Tenendo conto di tutti i passaggi completati nella fase di pianificazione, è stata ideata ed eseguita una soluzione per raggiungere l'obiettivo stabilito.

Essa prevedeva l'implementazione di un sistema *Pick to Light*, ovvero l'installazione di luci su ogni cassetto dello scaffale, controllate tramite un tablet, che consentissero agli operatori di prelevare l'attrezzatura entro un tempo standardizzato, riducendo così la variabilità e le attività non a valore aggiunto (NVAA). In altre parole, gli operatori possono utilizzare il tablet per inserire il codice del modello e il sistema suggerisce la posizione nella quale depositare, o da cui prelevare, lo stampo di piegatura.

CHECK

Nella fase di *check*, sono stati verificati i benefici attesi della soluzione implementata sui *Key Performance Indicator (KPI)* selezionati per valutare l'efficacia del progetto. L'attenzione è stata rivolta all'implementazione di azioni correttive sulle soluzioni sviluppate in precedenza e alla standardizzazione dell'approccio per facilitarne l'applicazione in altri reparti. Il risultato di questa fase è stata la semplificazione dell'interfaccia utente del tablet, finalizzata a ridurre ulteriormente le attività dell'operatore e il tempo complessivo di configurazione.

ACT

Nella fase finale del *Kaizen*, sono stati individuati tutti i casi d'uso in cui fosse possibile replicare il sistema implementato. Quindi, la soluzione è stata condivisa ed estesa a tutte le aree di interesse.

6.4. L'analisi

Con l'intento di migliorare la gestione dell'area di meniscatura ho effettuato delle analisi sulle attività svolte dagli operatori durante il turno di lavoro, al fine di identificare le attività a valore aggiunto e distinguerle da quelle a non valore aggiunto (NVAA).

Gli operatori hanno avuto un ruolo centrale durante l'intero processo: l'ascolto attivo e la comunicazione proattiva hanno consentito di comprendere nel dettaglio le attività svolte dagli operatori.

Tramite la tecnica *Gemba Walk*²⁶, è stato possibile osservare ed analizzare le possibili criticità e trasformarle in opportunità di miglioramento.

A seguito dell'individuazione delle cause visibili, è stata applicata la metodologia della *Root Cause Analysis*²⁷, la quale ha permesso di identificare le cause radice delle criticità riscontrate in reparto.

²⁶ Il "Gemba Walk" è il momento in cui i manager dell'azienda abbandonano la scrivania per "camminare" appunto e percorrere gli ambienti produttivi. L'obiettivo di questa camminata è di incontrare i dipendenti e i lavoratori nel loro ambiente produttivo, mentre eseguono le loro mansioni. "Affinché il Gemba Walk si traduca in promettenti cambiamenti, è necessario che i manager possano osservare, interagire ed entrare in empatia con il lavoro dei propri dipendenti. In questo modo possono entrare in contatto diretto con i dipendenti ed essere realmente vicini a ciò che sta accadendo nella loro azienda e ai processi operativi del lavoro reale". (Patelli., S., 2020)

²⁷ *Root Cause Analysis (RCA)*. È un processo analitico che, attraverso l'analisi dettagliata delle cause rilevanti, permette di identificare il principio della causa visibile, con l'intento di comprendere il più possibile da essa, per poi applicare soluzioni che siano in grado di risolvere il problema. In generale, la RCA è uno strumento molto utile per identificare in maniera puntuale le cause e, adottando soluzioni mirate a risolvere la causa radice, permette di eliminare il problema all'origine (Capitolo "Overall Equipment Effectiveness (OEE)").

Quindi, si è resa necessaria la creazione di un database di tutte le attrezzature presenti all'interno degli scaffali di immagazzinamento degli stampi curvi, al fine di sopperire all'assenza di un sistema strutturato di individuazione delle attrezzature.

Le criticità sono state trasformate in opportunità di miglioramento. Infatti, tramite un'analisi sulle previsioni dei fabbisogni futuri e sullo storico dei modelli processati, le calotte sono state catalogate in necessarie (ancora in uso) e non necessarie, da smaltire o archiviare, secondo dei parametri descritti di seguito nel dettaglio. Questa attività ha permesso di migliorare il layout in reparto.

Per ottenere dei dati in merito alla situazione "AS-IS", sfruttando il metodo standard dell'azienda e gli strumenti messi a disposizione, ho effettuato delle rilevazioni dei tempi di ricerca e di prelievo delle attrezzature e, solo dopo aver ottenuto tutti i dati necessari a rappresentare un punto zero di partenza, ho provveduto a creare un modello, tramite Microsoft Excel, che permettesse di velocizzare le operazioni di ricerca e deposito dell'attrezzatura.

Infine, a seguito della ricerca della migliore soluzione, abbiamo ingaggiato il fornitore "Smiro System" al fine di implementare un'applicazione basata sulla tecnologia "Pick & put to light" che consentisse un rilevamento automatico del posizionamento dell'attrezzatura con un riscontro fisico, visivo ed immediato per gli operatori.

Ogni operazione è stata monitorata anche dal punto di vista dei *KPI*, in particolare la riduzione del tempo di ricerca, al fine di valutare gli effettivi benefici delle attività intraprese.

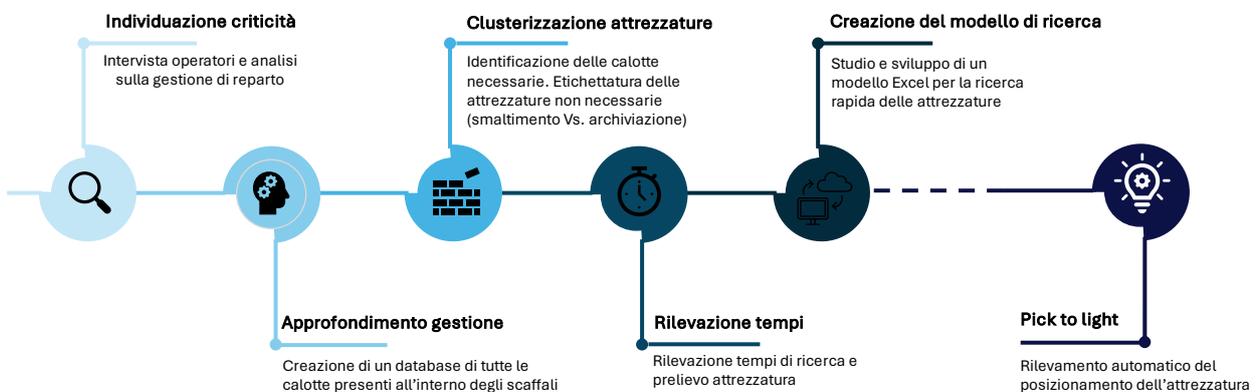


Figura 52 - Timeline caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura

6.4.1. Individuazione criticità

Nel seguente capitolo sono descritte le principali criticità riscontrate durante le analisi effettuate nell'area di meniscatura.

Nell'area produttiva in questione, il capoturno e il team leader schedulano tutti gli ordini da processare sulle singole macchine di meniscatura, applicando la regola EDD (*Earliest Due Date*) o MINDD (*Minimum Due Date*), secondo la quale viene schedulato il job avente la data di completamento più vicina, con l'intento di esaurire tutto il WIP a disposizione, nel rispetto delle tempistiche pianificate e, quando possibile, limitando il numero di *setup* necessari sulle macchine *bottleneck* dell'area.

L'operatore è tenuto ad effettuare le seguenti attività:

- Identificazione del microlotto = modello da lavorare
- Ricerca del disegno tecnico di riferimento
- Ricerca della calotta di meniscatura e coppe in silicone
- Prelievo della calotta di meniscatura dagli scaffali di immagazzinamento dell'attrezzatura
- Montaggio della calotta di meniscatura e coppe in silicone in macchina
- Settaggio del forno di riscaldamento del frontale
- Impostazione dei parametri di pressa
- Produzione primo pezzo e controllo per set up

Ipotizzando di analizzare le attività di attrezzaggio macchina durante le lavorazioni in corso, si possono identificare 4 passaggi fondamentali, riportati di seguito:

- Rimozione della calotta precedentemente adoperata e montata in macchina
- Deposito della calotta nello scaffale di immagazzinamento
- Ricerca e prelievo della nuova calotta da utilizzare
- Attrezzaggio della nuova calotta in macchina

Tra le fasi appena descritte, le più critiche risultano essere quelle di deposito e prelievo delle calotte. In particolare, analizzando tutti i movimenti effettuati dagli operatori, sono emerse tre principali criticità:

- **Gestione a vista:** una volta identificata la calotta necessaria per la lavorazione dello specifico modello richiesto, gli operatori ricercano a vista la calotta all'interno degli scaffali di immagazzinamento. Infatti, su ogni cassettera è riportata una etichetta, scritta manualmente, che identifica il codice del modello, corrispondente alla calotta richiesta.
- **Assenza di un sistema strutturato di allocazione:** attraverso l'applicazione della *Root Cause Analysis* è stata individuata la causa principale della gestione inefficiente, ovvero l'assenza sia di un sistema di allocazione strutturato sia di un *database*.
- **Tempi di ricerca:** i tempi di ricerca dell'attrezzatura variano da operatore ad operatore. In generale i tempi di ricerca risultano essere molto variabili, con una media che si attesta sui 5,8 minuti, con un massimo tempo di ricerca registrato di ben 12 minuti.

Ai fini di effettuare un'analisi della situazione *AS-IS* sono state svolte una serie di attività, tra cui la raccolta dei dati riguardanti il tempo impiegato dagli operatori durante le varie operazioni, precedentemente descritte.

In particolare, tramite un campionamento, sono stati rilevati i tempi di ricerca delle attrezzature sui diversi turni produttivi. Solo dopo aver raggiunto un numero significativo di rilevamenti è stato calcolato il tempo medio di ricerca. In *tabella 14* sono riassunti i dati principali.

Dato	Valore [min]
Media	5,80
Deviazione standard	3,80
Minimo	0,5
Massimo	12

Tabella 14 - Dati riassuntivi tempi di ricerca attrezzatura (PRIMA)

Per evidenziare l'assenza di un processo stabile, in *Figura 53* è riportata la distribuzione dei tempi di ricerca. Il grafico evidenzia un'elevata dispersione dei dati (deviazione standard di 3,8) e un notevole discostamento tra i vari tempi di ricerca registrati in fase di raccolta dati, rispetto ad una media di 5,8 minuti.

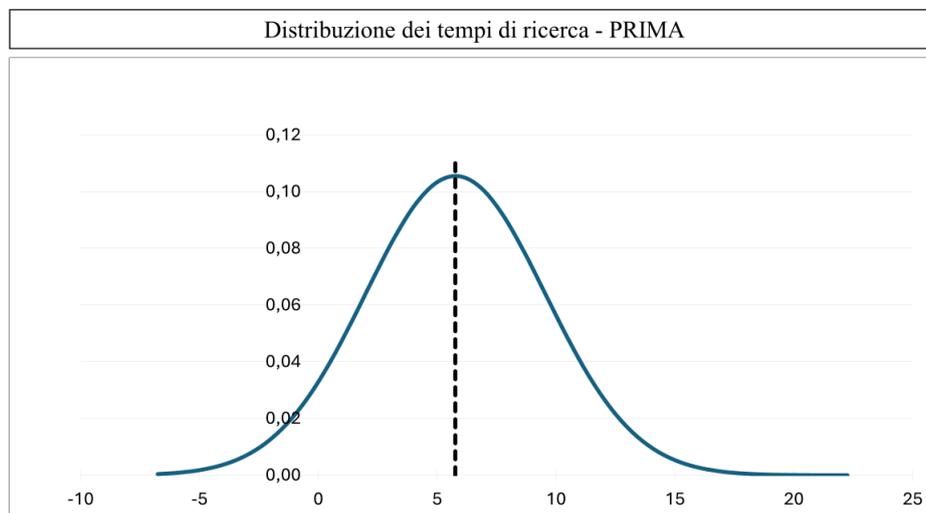


Figura 53 - Distribuzione dei tempi di ricerca (PRIMA)

In *Figura 54* è riportata la rappresentazione temporale delle attività svolte dall'operatore prima di iniziare effettivamente la produzione. Si noti come la maggior parte del tempo impiegato nelle attività che precedono l'inizio della produzione, è imputabile alla ricerca dell'attrezzatura. Inoltre, essendo la frequenza dei prelievi molto elevata (superiore ai 10 prelievi per turno per ogni singola macchina), il dato impatta significativamente sul rendimento della manodopera.

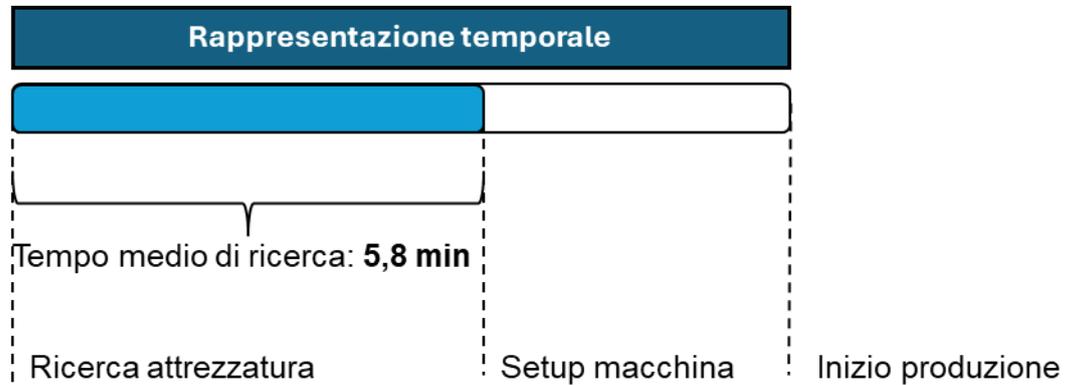


Figura 54 - Tempo medio di ricerca (PRIMA)

Dalle analisi effettuate emerge, in maniera piuttosto evidente, la necessità di standardizzare il processo di ricerca dell'attrezzatura.

6.4.2. Approfondimento gestione

A seguito dell'individuazione delle principali cause riscontrate, è stato strutturato un piano operativo per creare un sistema strutturato di allocazione delle attrezzature, al fine di migliorare la gestione di tutte le attività critiche.

La principale attività, necessaria per procedere con l'analisi, è stata la creazione di un database, fino ad allora inesistente, con tutte le informazioni utili in merito alle attrezzature stoccate all'interno degli scaffali di immagazzinamento, situati direttamente in reparto, nei pressi delle meniscatrici semiautomatiche.

Il database è stato strutturato considerando le informazioni strettamente necessarie per l'analisi in questione (*vedi tabella 15*), ovvero:

- **Modello:** identifica la tipologia di calotta richiesta per il modello da processare.
- **Calibro:** caratterizza la calotta per le dimensioni richieste, come da studio di progettazione.

La correlazione modello + calibro identificano univocamente la calotta di meniscatura.

- **Quantità:** le calotte possono essere sia uniche che doppiate; quando la calotta in questione è l'unica presente per quel determinato modello e calibro si identifica come singola quantità (1), altrimenti si specifica il numero di calotte a disposizione per lo specifico modello e calibro.
- **Scaffale:** in reparto sono presenti 4 scaffali, ognuno dei quali è stato identificato da un numero.
- **Cassetto:** specifica la cassetta in cui è posizionata la calotta in questione.
- **Tipologie:** le calotte possono essere di diversi materiali, principalmente di ottone o di alluminio con dime di ottone.

Modello	Calibro #	Quantità	Scaffale	Cassetto	Tipologia
MODELLO 1	51	1	S3	A	X
MODELLO 2	51	1	S3	I	Y
MODELLO 3	53	1	S1	H	X
MODELLO 4	54	2	S3	F	Y
MODELLO 5	54	2	S2	H	X
MODELLO 6	49	1	S3	I	Y
MODELLO 7	51	2	S3	G	X
MODELLO 8	51	1	S4	B	Y
MODELLO 9	51	1	S3	C	X
MODELLO 10	52	1	S1	I	Y

Tabella 15 – Esempio dell'inventario realizzato per le attrezzature

Sono state codificate più di 1000 calotte di meniscatura, ognuna delle quali è stata registrata nel database secondo le informazioni richieste.

Il database creato è stato il punto di partenza per le successive analisi, che hanno permesso di trasformare le criticità in azioni di miglioramento.

6.4.3. Catalogazione delle attrezzature

A seguito della creazione del database è stato possibile sviluppare ulteriori analisi sulle attrezzature. Per questioni di layout ogni cm guadagnato in reparto equivale a spazio utile da impiegare per nuovi macchinari e, come ci insegna la metodologia delle 5S (vedi capitolo “La metodologia 5S”) l’ordine non è mai troppo.

Avendo a disposizione lo storico dei modelli processati negli ultimi anni e le previsioni dei fabbisogni futuri, ho implementato un’analisi riguardante l’effettiva necessità delle attrezzature a disposizione. In particolare, attraverso delle analisi effettuate su Microsoft Excel, sono state individuate due tipologie di attrezzature:

- **Attrezzature necessarie:** modelli presenti nelle previsioni dei fabbisogni futuri
- **Attrezzature non necessarie:** modelli non presenti nelle previsioni dei fabbisogni futuri

Dall’analisi effettuata è emerso che delle più di 1000 calotte registrate nel database, solo il 50% risultava necessario.

Di seguito sono riportati dei grafici con il dettaglio per ogni singolo scaffale analizzato (vedi Figure 55 – 58).

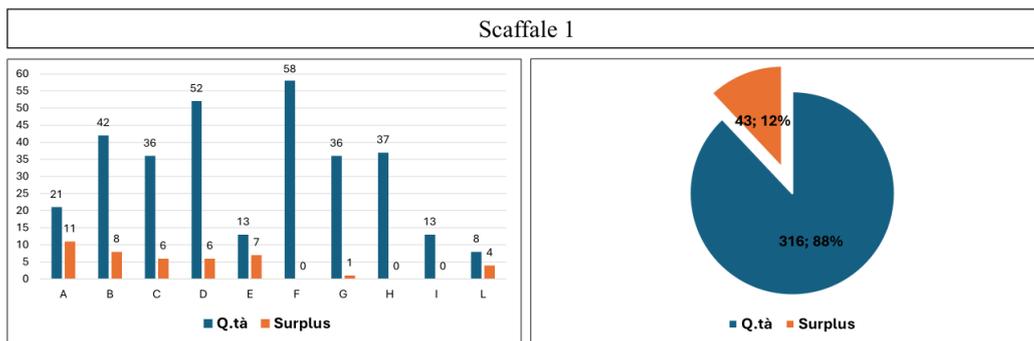


Figura 55 - Analisi attrezzature necessarie Vs. non necessarie (Scaffale 1)

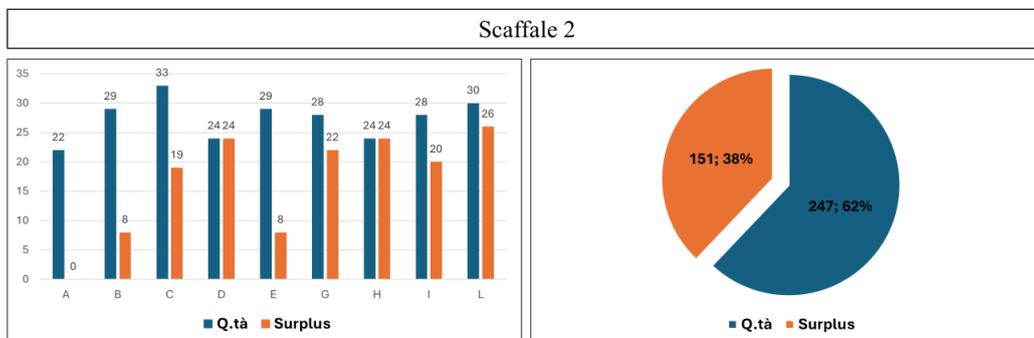


Figura 56 - Analisi attrezzature necessarie Vs. non necessarie (Scaffale 2)

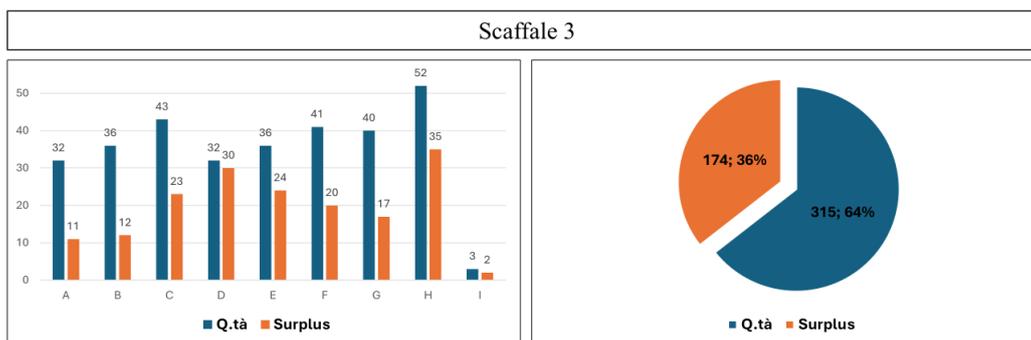


Figura 57 - Analisi attrezzature necessarie Vs. non necessarie (Scaffale 3)

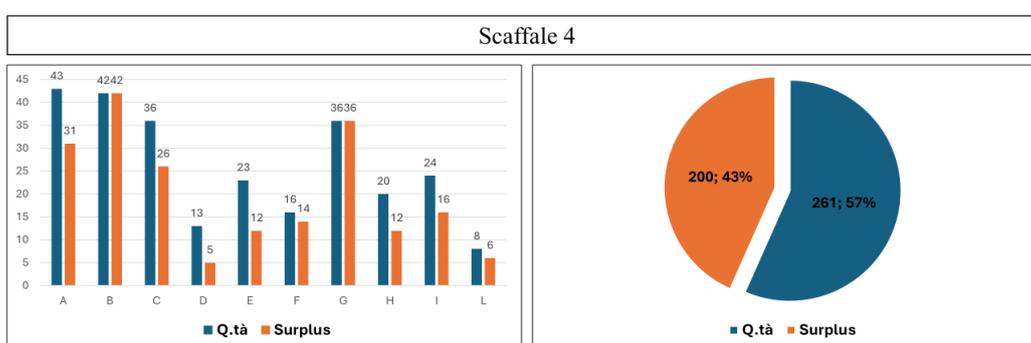


Figura 58 - Analisi attrezzature necessarie Vs. non necessarie (Scaffale 4)

Sulle attrezzature in surplus è stata condotta una ulteriore analisi, inglobando anche un database sullo storico dei modelli processati negli anni passati.

In particolare, sono state definite due ulteriori categorie di attrezzature:

- **Attrezzature da archiviare:** modelli non presenti nelle previsioni dei fabbisogni per i prossimi 6 mesi
- **Attrezzature da rottamare:** modelli non presenti nelle previsioni dei fabbisogni futuri e non prodotti dal 2019

Quindi si è deciso di etichettare le calotte in base alla categoria per facilitare la classificazione anche in termini pratici e visivi. Le calotte da archiviare sono state etichettate con delle X blu, mentre sulle calotte da smaltire è stata incollata una etichetta con una X rossa.

In termini di layout, tale attività ha permesso di dimezzare il numero di scaffali presenti nell'area di meniscatura. Successivamente le calotte sono state ricollocate secondo le previsioni di utilizzo, cercando di strutturare la predisposizione dei modelli in base al numero di pezzi previsti nei fabbisogni futuri.

6.4.4. Creazione del modello di ricerca su Microsoft Excel

Le analisi effettuate su tutte le attività svolte dagli operatori hanno evidenziato l'attività a non valore aggiunto più impattante: la ricerca dell'attrezzatura. Per facilitare gli operatori in questa attività è stato creato un modello su Microsoft Excel che permettesse di individuare in maniera rapida l'attrezzatura richiesta.

Il modello è stato generato considerando come dati di input in back-end tutte le informazioni del database precedentemente creato, con particolare interesse all'informazione sul posizionamento della calotta negli scaffali disponibili.

Ho ricreato l'esatta predisposizione degli scaffali anche sul file Excel (vedi Figura 59) in modo tale da ottenere un riscontro visivo immediato e facilitare l'individuazione dello scaffale e della cassettera da aprire per effettuare il prelievo della calotta necessaria.

MODELLO				
CALIBRO				
MODELLO_CALIBRO				
SCAFFALE				
CASSETTO				
SCAFFALE&CASSETTO				

S1	S2		S4
S1-A	S2-A		S4-A
S1-B			S4-B
S1-C	S2-B		S4-C
S1-D			S4-D
S1-E	S2-C		S4-E
S1-F			
S1-G	S2-D	S3	S4-F
	S2-E	S3-A	
S1-H	S2-F	S3-B	S4-G
	S2-G	S3-C	
S1-I	S2-H	S3-D	S4-H
		S3-E	
S1-L	S2-I	S3-F	S4-I
		S3-G	
S1-M	S2-L	S3-H	S4-L
		S3-I	

Figura 59 - Configurazione del modello Excel per la ricerca delle attrezzature

Nel momento in cui l'utente interagisce con il sistema, tutte le celle sono bloccate, ad eccezione delle uniche celle per cui il sistema richiede un'azione di input dati, ovvero quella in corrispondenza della cella "MODELLO" e quella in corrispondenza della cella "CALIBRO". Il sistema richiede all'utente di inserire il modello con l'apposito messaggio di input: "INSERIRE MODELLO: Inserisci il modello da prelevare/depositare", successivamente è richiesto l'inserimento dell'informazione inerente al calibro del modello da processare (vedi Figura 60).

MODELLO				
CALIBRO				
MODELLO_CALIBRO				
SCAFFALE				
CASSETTO				
SCAFFALE&CASSETTO				

S1	S2		S4
S1-A	S2-A		S4-A
S1-B			S4-B
S1-C	S2-B		S4-C
S1-D			S4-D
S1-E	S2-C		S4-E
S1-F			
S1-G	S2-D	S3	S4-F
	S2-E	S3-A	
S1-H	S2-F	S3-B	S4-G
	S2-G	S3-C	
S1-I	S2-H	S3-D	S4-H
		S3-E	
S1-L	S2-I	S3-F	S4-I
		S3-G	
S1-M	S2-L	S3-H	S4-L
		S3-I	

Figura 60 - Modello Excel per la ricerca delle attrezzature: inserimento informazione modello

A questo punto l'operatore inserisce il codice modello e il calibro, informazioni che legge sull'ordine di produzione e, in automatico, il sistema fornisce le indicazioni in merito allo scaffale (S1 – S2 – S3 – S4) e al cassetto (identificato come “Codice scaffale – codice cassetto”). Attraverso l'utilizzo della formattazione condizionale, il sistema evidenzia lo scaffale e l'esatto cassetto da aprire per effettuare le operazioni di prelievo o deposito dell'attrezzatura (vedi Figura 61).

MODELLO	MODELLO 375
CALIBRO	52
MODELLO_CALIBRO	MODELLO 375_52
SCAFFALE	S2
CASSETTO	B
SCAFFALE&CASSETTO	S2-B

S1	S2		S4
S1-A	S2-A		S4-A
S1-B	S2-A		S4-B
S1-C	S2-B		S4-C
S1-D	S2-B		S4-D
S1-E	S2-C		S4-E
S1-F	S2-C		S4-F
S1-G	S2-D	S3	S4-G
S1-H	S2-E	S3-A	S4-H
S1-I	S2-F	S3-B	S4-I
S1-L	S2-G	S3-C	S4-L
S1-M	S2-H	S3-D	
	S2-I	S3-E	
	S2-L	S3-F	
		S3-G	
		S3-H	
		S3-I	

Figura 61 - Modello Excel per la ricerca delle attrezzature: identificazione posizione

Qualora la combinazione modello-calibro, non fosse presente nel database, il sistema comunica all'utente che l'attrezzatura non è registrata. A questo punto l'operatore è tenuto ad avvisare il capoturno per segnalare l'anomalia o informarlo per effettuare la registrazione della calotta in questione (vedi Figura 62).

MODELLO	MODELLO 10000
CALIBRO	54
MODELLO_CALIBRO	MODELLO 10000_54
SCAFFALE	NON REGISTRATO
CASSETTO	NON REGISTRATO
SCAFFALE&CASSETTO	NON REGISTRATO

S1	S2		S4
S1-A	S2-A		S4-A
S1-B	S2-A		S4-B
S1-C	S2-B		S4-C
S1-D	S2-B		S4-D
S1-E	S2-C		S4-E
S1-F	S2-C		S4-F
S1-G	S2-D	S3	S4-G
S1-H	S2-E	S3-A	S4-H
S1-I	S2-F	S3-B	S4-I
S1-L	S2-G	S3-C	S4-L
S1-M	S2-H	S3-D	
	S2-I	S3-E	
	S2-L	S3-F	
		S3-G	
		S3-H	
		S3-I	

Figura 62 - Modello Excel per la ricerca delle attrezzature: calotta non registrata nel database

6.5. Pick to light Smiro System

Dopo aver implementato il modello di ricerca creato su Excel, per facilitare l'individuazione delle attrezzature, è nata l'idea di renderlo reale e tangibile, per cui ho preso in considerazione la possibilità di implementare un sistema innovativo di *pick & put to light*.

Il principio dei sistemi *pick & put to light* è molto semplice: il riconoscimento della posizione è resa possibile attraverso dei led luminosi che si illuminano per segnalare la posizione in corrispondenza della quale è stata depositata la merce che si desidera ricercare, sia per le fasi di prelievo (*pick*) che per le fasi di deposito (*put*).

Dopo aver individuato i principali requisiti, è stata effettuata un'analisi comparativa tra le soluzioni proposte da diversi fornitori (*vedi tabella 16*).

	Smiro System	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3
Soluzione economica	X			
Operazioni di prelievo e deposito in 10/15 secondi	X	X	X	X
Possibilità di multi prelievi contemporanei	X		X	
Ridotto consumo energetico	X	X		X
Soluzione smart e digital friendly	X	X	X	X
Applicazione personalizzabile	X	X		
Elevata flessibilità della soluzione proposta	X		X	
Elevata facilità d'uso	X			X
Possibilità di integrazione con sistema ERP	X	X		X
Possibilità di comando diretto dell'hardware da ERP o WMS	X			

Tabella 16 - Analisi comparativa dei fornitori in base alle soluzioni proposte

In un primo momento è stata valutata la proposta di sostituire gli attuali magazzini presenti in reparto, con alcuni scaffali intelligenti dotati di sistemi di blocco e led luminosi. Tutte le alternative presenti sul mercato risultavano molto vincolanti in termini di sicurezza e di gestione del sistema. Inoltre, la maggior parte si basavano su soluzioni standard e poco *customizzabili*.

A seguito dell'analisi, grazie alla versatilità della soluzione proposta e al rispetto della maggior parte dei requisiti richiesti, è stata ingaggiata la società "Smiro System" per la realizzazione di un apposito applicativo, studiato ed implementato ad hoc, come sistema strutturato di allocazione delle calotte di meniscatura.

Smiro System

Smiro System è un sistema Hardware & Software ideato per gestire magazzini e consentire l'individuare immediata di oggetti, grazie all'applicazione di un tag sonoro e/o luminoso.

Il concetto su cui si basa tutta logica di Smiro System è il principio di voler rendere fisico l'applicativo di Excel. La filosofia logico-matematica di Smiro, infatti, è ispirata alle funzioni disponibili su Excel.

Confrontando le funzioni disponibili su Excel con quelle di Smiro System, è possibile rappresentare la volontà di rendere fisica l'applicazione Excel (*vedi Figura 63*).

EXCEL	SMIRO SYSTEM
Ogni azienda è una cartella di lavoro, ogni reparto è un foglio Excel, ogni cella può essere intesa come un contenitore.	Possibilità di creare virtualmente tutti gli spazi fisici (azienda, reparto, centro di lavoro, magazzino, scaffale, etc.) Il singolo contenitore può essere dettagliato su più dimensioni.
Attraverso la combinazione di funzioni (es. CERCA.VERT) e l'utilizzo della formattazione condizionale, è possibile far cambiare colore ad una casella.	Tramite il tag luminoso, il led lampeggiante attira maggiormente l'attenzione, rendendo evidente e tangibile la posizione ricercata. Con il nuovo tag è possibile avere colori diversi, in base all'informazione da comunicare.
E' possibile vincolare l'inserimento o l'eliminazione di informazioni, tramite la protezione di celle e fogli di lavoro.	Attraverso le serrature elettroniche si è in grado di blindare fisicamente il contenitore: si rende stabile, obbligato e monitorato ogni processo.
L'ordinamento dei dati è dettato secondo un'unica variabile, ad esempio ordinamento dalla A alla Z della colonna.	Ordinamento secondo parametri definiti e definizione della miglior strada da compiere per effettuare più prelievi da diversi contenitori. Interazione ad ogni prelievo con attivazione della logica del sottoscorra.
Utilizzo di formule specifiche e funzionalità a volte complesse. E' richiesto un livello di conoscenza (dal basilico al professionale) di formule e logiche di funzionamento, specifiche del sistema.	User-friendly: a livello basilico è facilmente comprensibile ed utilizzabile da chiunque, quindi favorisce l'inserimento di nuovo personale. Guida nell'utilizzo tramite una descrizione esplicativa dei tasti utilizzabili a seconda dell'azione richiesta. Non è necessario nessun tipo di conoscenza di particolari formule o logiche di funzionamento.
Il foglio di lavoro può contenere informazioni in merito a materiali, semilavorati, prodotti finiti, scarti, attrezzature ed utensili. Inserimento manuale delle informazioni richieste (es. caratteristiche specifiche dell'articolo, come codice, q.tà, peso, lotto di produzione). Possibilità di errore in fase di inserimento dati.	Possibile collegamento a sistemi ERP, WMS e MES: sfruttando i dati già gestiti dai sistemi informativi, non è richiesta l'interazione dell'utente. Margine di errore limitato in quanto non è più necessario popolare tutti i campi richiesti per definire l'articolo e le sue caratteristiche, ma è sufficiente inserire o rimuovere dei dati già presenti nei software.

Figura 63 - La filosofia logico-matematica di Smiro System, ispirata ad Excel

L'obiettivo del sistema Smiro System è di geolocalizzare tutti i materiali, tramite delle associazioni specifiche tra codice prodotto e tag di riferimento.

Il mantra di Smiro System recita:

“Piedi intelligenti, mani efficienti”

Lo slogan rimanda al concetto di efficientamento delle attività di ricerca e di gestione dei materiali, specie quelle riguardanti le movimentazioni degli stessi. L'obiettivo è di impedire al materiale di fare il tour della fabbrica e rendere possibile il prelievo direttamente dai contenitori o dai carrelli del reparto produttivo.

Smiro propone una tipologia di fabbrica in completo accordo con i principi della *lean production* (vedi Figure 64 e 65).

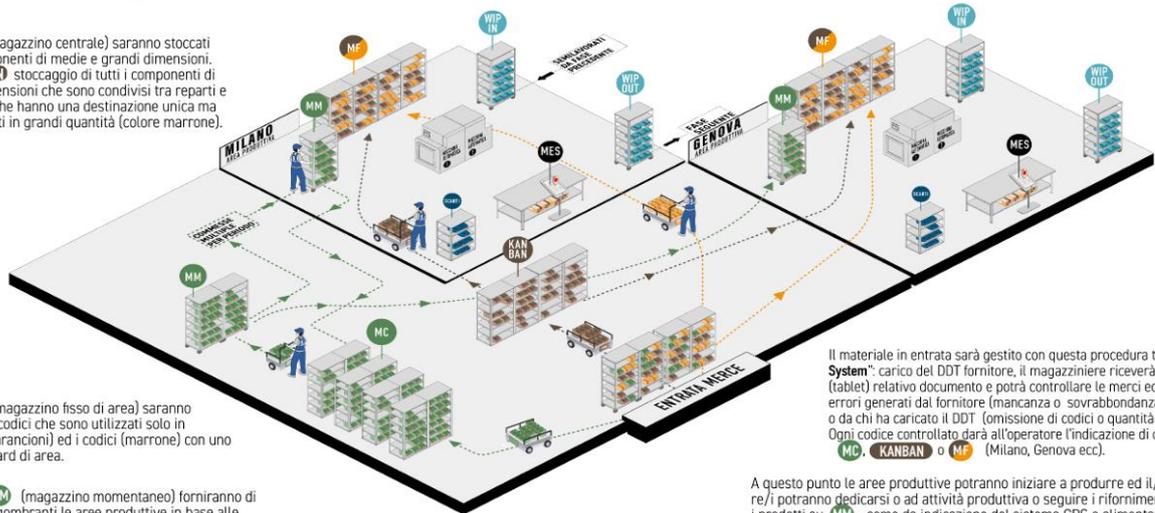
FABBRICA CPS
CYBER PHYSICAL SYSTEM
LOGISTICA

Decade la logica del magazzino centrale unico e viene concepita una logistica funzionale alle aree produttive. È previsto un magazzino centrale (MC), un magazzino KANBAN e magazzini fissi (MF), uno per ogni area produttiva.

Nel (MC) (magazzino centrale) saranno stoccati tutti i componenti di medie e grandi dimensioni. Nel (KANBAN) stoccaggio di tutti i componenti di piccole dimensioni che sono condivisi tra reparti e tutti quelli che hanno una destinazione unica ma sono stoccati in grandi quantità (colore marrone).

Nei (MF) (magazzino fisso di area) saranno depositati i codici che sono utilizzati solo in quell'area (arancioni) ed i codici (marrone) con uno stock standard di area.

I carrelli (MM) (magazzino momentaneo) forniranno di materiali ingombranti le aree produttive in base alle esigenze per un arco temporale che può andare da poche ore a qualche giorno.



Il materiale in entrata sarà gestito con questa procedura tramite "Smiro System": carico del DDT fornitore, il magazzino riceve su terminale (tablet) relativo documento e potrà controllare le merci ed eventuali errori generati dal fornitore (mancanza o sovrabbondanza di quantità) o da chi ha caricato il DDT (omissione di codici o quantità errate). Ogni codice controllato darà all'operatore l'indicazione di destinazione: (MC) (KANBAN) o (MF) (Milano, Genova ecc.).

A questo punto le aree produttive potranno iniziare a produrre ed il/i magazzino/i potranno dedicarsi o ad attività produttiva o seguire i rifornimenti delle aree per i prodotti su (MM) come da indicazione del sistema CPS o alimentare le aree per il (KANBAN) codici e quantità saranno sul reale depositato e non sul teorico mancante, da questo la derivazione CPS CYBER PHYSICAL SYSTEM.

Figura 64 - Smiro System applicato alla logistica (Fonte: Smiro System, 2020)

FABBRICA CPS
CYBER PHYSICAL SYSTEM
PRODUZIONE

....compreso il sistema di logistica, analizziamo lo svolgimento dell'attività "area produttiva".

Il principio è che ogni "area produttiva" costituisce un modulo all'interno di un coordinatore di sistema che è la FABBRICA gestita dal MES.

Il MES scompone le lavorazioni per aree produttive e crea le relative code di lavoro.

Un'area produttiva può generare solo 3 cose: SEMILAVORATI, PRODOTTI FINITI (WIP OUT), oppure (SCARTI).

Tramite il MES viene gestita la coda produttiva che contiene distinta base e documentazione tecnica di montaggio.

L'operatore preleva autonomamente la componentistica da (MF) e da (MM) ed eventuali semilavorati dal carrello (WIP IN) tramite "Smiro System" ed inizia a produrre, durante il ciclo depositerà lo scarto nel carrello (SCARTO) e la produzione nel carrello (WIP OUT). A produzione terminata l'operatore, su indicazione del sistema, consegnerà il (WIP OUT) all'area produttiva seguente - se si tratta di un semilavorato- oppure al MAGAZZINO PRODOTTI FINITI/SPEDIZIONE se si tratta di un prodotto finito. Sarà tracciato chi ha fatto *che cosa, quando* e relative *efficienze produttive*.

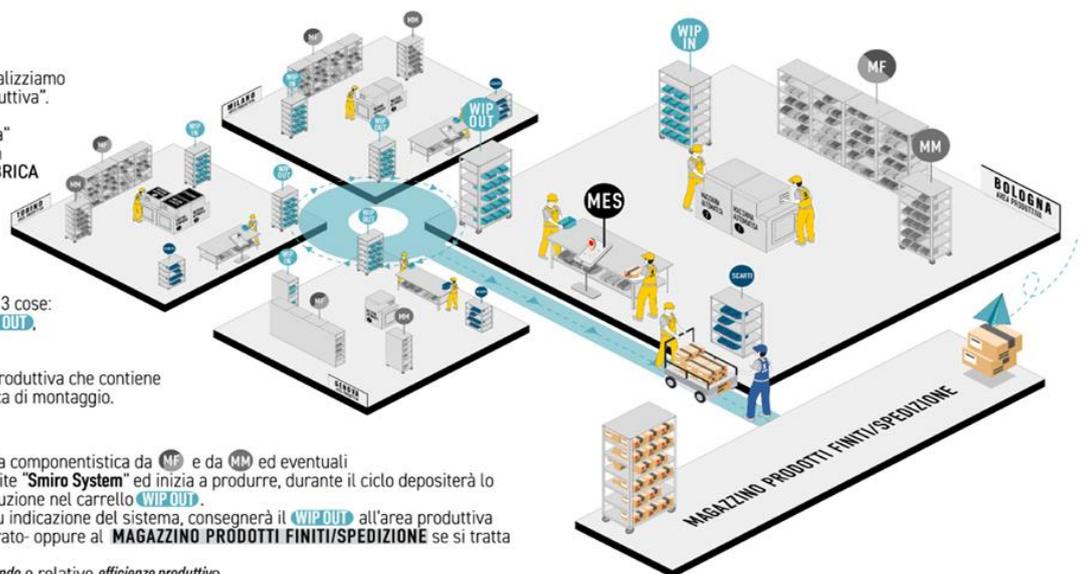


Figura 65 - Smiro System applicato alla produzione (Fonte: Smiro System, 2020)

Nella maggior parte dei contesti produttivi si è soliti gestire la logistica e la produzione tramite l'impiego di magazzini tradizionali o magazzini verticali. Entrambi presentano delle criticità notevoli, elencate nella *tabella 17*.

Magazzino tradizionale	Magazzino verticale
Normalmente gestito tramite un grande magazzino centrale	Soluzione costosa
Elevate distanze percorse dai magazzinieri per alimentare la produzione	Risolutiva esclusivamente per soluzioni di reparto
Deposito in postazioni fisse	Sistema rigido nel deposito dimensionale
Scorte in altre posizioni	Lentezza nei prelievi e con un solo operatore (circa 50 sec.)
Spazi non ottimizzati	Si perde la logistica al di fuori del magazzino verticale
Prelievi per singoli ordini	Elevati costi di installazione e di funzionamento energetico
Obbligo di inventari periodici	Il blocco del magazzino rende impossibile il prelievo

Tabella 17 - Magazzino tradizionale e magazzino verticale: le principali criticità

A differenza degli altri sistemi di gestione del magazzino, Smiro System propone un sistema di produlogistica innovativo, caratterizzato da una serie di vantaggi, riassunti nella *tabella 18*.

Smiro System
Soluzione a basso costo
Gestione dell'intera logistica, uffici compresi
Operazioni di prelievo e deposito velocizzate (circa 10/15 sec.)
Possibilità di multi prelievi contemporanei
Ridotto consumo energetico
Soluzione smart e digital friendly

Tabella 18 - Smiro System: i principali vantaggi

Il funzionamento standard del sistema si basa sull'interazione tra software aziendali e un *server rest* (software di controllo Smiro), che invia un comando alla *base station*, la quale interagisce con i vari dispositivi Smiro attraverso un segnale trasmesso in radiofrequenza (vedi Figura 66).



Figura 66 - Funzionamento e hardware Smiro

A seguito di numerose valutazioni e confronti con più fornitori si è deciso di ingaggiare l'azienda "Smiro System" per la realizzazione di un apposito applicativo, studiato ed implementato ad hoc, come sistema strutturato di allocazione delle calotte di meniscatura.

L'applicazione proposta presenta una soluzione per semplificare la ricerca di un determinato componente denominato "calotta", immagazzinato all'interno di scaffali che contengono un numero elevato di questi prodotti che hanno la proprietà di essere molto simili tra loro.

La soluzione prevede di aggiungere un tag hardware luminoso, rappresentato in Figura 67 ad ogni cassetto degli scaffali contenenti le attrezzature (vedi Figura 68).

Ogni tag è identificato tramite un codice a barre, riportato sul fronte di ogni dispositivo. Il *barcode* è necessario per riconoscere il singolo led ed associare i codici prodotto al tag in fase di registrazione.

Attraverso l'utilizzo di un *device* portatile, in particolare un tablet, e l'interazione con l'applicativo, il tag effettuerà un segnale luminoso in corrispondenza del cassetto da aprire.

TAG LUMINOSO STANDARD



Figura 67 - Tag luminoso standard Smiro System

S1		S2		S3		S4	
	S1-A		S2-A				S4-A
	S1-B						S4-B
	S1-C		S2-B				S4-C
	S1-D						S4-D
	S1-E		S2-C				S4-E
	S1-F						S4-F
	S1-G		S2-D		S3-A		S4-G
	S1-H		S2-E		S3-B		S4-H
	S1-I		S2-F		S3-C		S4-I
	S1-L		S2-G		S3-D		S4-L
	S1-M		S2-H		S3-E		
			S2-I		S3-F		
			S2-L		S3-G		
					S3-H		
					S3-I		

Figura 68 - Applicazione tag luminosi su scaffali

Nello schema tecnico (vedi Figura 69) sono stati rappresentati tutti i componenti impiegati:

- 1) Tag luminosi
- 2) Base station SMIRO
- 3) Tablet con APP
- 4) Cassettiera
- 5) Presa 220V
- 6) Lettore badge

Sulla cassetteria centrale, più bassa rispetto alle altre presenti in reparto, è stato posizionato il tablet (3) dotato di una apposita staffa, mentre nell'armadio di sinistra rispetto allo schema proposto, è stata posizionata la base station (2), ovvero il router che pilota i tag luminosi (1), alimentati a batteria. A differenza dei tag luminosi, la base station ed il tablet sono alimentati e collegati alla presa di corrente (5).

Per procedere con l'operazione di ricerca dell'attrezzatura, l'utente interagisce con il tablet accreditandosi o con le credenziali o con il *badge* aziendale, tramite l'apposito lettore *badge* (6) e, seguendo le istruzioni del software, immetterà il codice della calotta da prelevare o depositare. A questo punto il software accenderà il tag luminoso in corrispondenza della cassetteria di riferimento, attraverso la base station dedicata al sistema, sollevando così l'operatore dall'onere di cercare a vista il cassetto corretto.

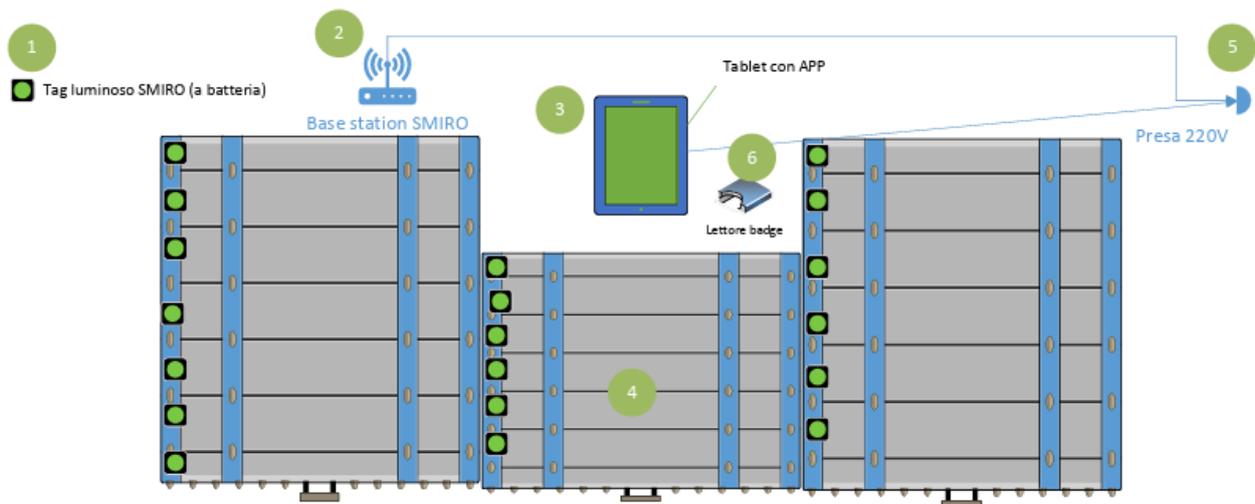


Figura 69 - Schema del sistema Pick to light Smiro System per l'area di meniscatura

A livello tecnico la comunicazione avviene nel seguente modo:



Figura 70 - Comunicazione del segnale Pick to light Smiro System

Il software comunica alla base station tramite *Wi-Fi* o *USB*. La base station, che funge da router, attiva il tag luminoso con un segnale in radio frequenza. La comunicazione è bidirezionale, quindi siamo in grado di capire se le apparecchiature hanno fisicamente eseguito il comando di accensione della spia luminosa e di tenere sotto controllo il livello della batteria.

Di seguito sono riportate delle immagini esplicative che rappresentano un confronto tra l'idea iniziale, implementata tramite il modello di ricerca Excel (vedi Figura 71) e la reale implementazione della soluzione Pick to light di Smiro System (vedi Figura 72).

S1	S2		S4
S1-A	S2-A		S4-A
S1-B			S4-B
S1-C	S2-B		S4-C
S1-D			S4-D
S1-E	S2-C		S4-E
S1-F			
S1-G	S2-D	S3	S4-F
	S2-E	S3-A	
S1-H	S2-F	S3-B	S4-G
	S2-G	S3-C	
S1-I	S2-H	S3-D	S4-H
		S3-E	
S1-L	S2-I	S3-F	S4-I
		S3-G	
S1-M	S2-L	S3-H	S4-L
		S3-I	

Figura 71 - Funzionamento modello di ricerca Excel: formattazione condizionale che colora la cella (idea)

Led lampeggiante 

S1	S2		S4
 S1-A	 S2-A		 S4-A
 S1-B			 S4-B
 S1-C	 S2-B		 S4-C
 S1-D			 S4-D
 S1-E	 S2-C		 S4-E
 S1-F			
 S1-G	 S2-D	S3	 S4-F
	 S2-E	 S3-A	
 S1-H	 S2-F	 S3-B	 S4-G
	 S2-G	 S3-C	
 S1-I	 S2-H	 S3-D	 S4-H
		 S3-E	
 S1-L	 S2-I	 S3-F	 S4-I
		 S3-G	
 S1-M	 S2-L	 S3-H	 S4-L
		 S3-I	

Figura 72 - Funzionamento sistema Pick to light: lampeggiamento del tag luminoso (progetto)

Inizialmente, per testare le funzionalità del sistema è stata adoperata l'applicazione *Pick to light* di Smiro System, implementata all'interno di diverse aziende, tra cui la *Eldeco s.r.l.*

Tale versione beta dell'applicazione presenta una interfaccia in grado di gestire molteplici funzionalità, sia di logistica che di produzione (vedi Figura 73). Infatti, è possibile registrare a sistema tutte le informazioni inerenti alla quantità, codice articolo, giacenza a magazzino e criterio di rotazione dell'articolo.



Figura 73 – Interfaccia applicazione Smiro System
(Fonte: Smiro System, 2020)

L'utente può selezionare una serie di interfacce in base all'azione richiesta (prelievo merce, inventario, movimentazione interna, uscita merce ecc.). Ai fini del progetto, finalizzato al miglioramento delle operazioni di ricerca dell'attrezzatura nell'area di meniscatura, il sistema proposto risultava essere confusionario per gli operatori sia nelle fasi di deposito che in quelle di prelievo delle attrezzature. In particolare, erano richieste troppe interazioni con il device (tablet) e molte delle funzioni disponibili non erano necessarie per il progetto proposto.

A tal proposito sono stati sottoposti dei questionari agli operatori, al fine di raggiungere un grado di soddisfazione dell'applicazione ottimale. In linea generale è stato chiesto loro di fornire una valutazione, con punteggi da 1 a 5, sui principali temi di:

- Funzionalità generale
- Interfaccia utente
- Identificazione attrezzatura
- Deposito attrezzatura

Inoltre, per ogni tema è stato richiesto di specificare potenziali problemi e, possibilmente, proporre suggerimenti per sviluppi migliorativi.

La *tabella 19* riassume il risultato ottenuto dalle risposte ricevute dagli operatori.

Tema	Punteggio iniziale	Potenziali problemi	Suggerimenti per sviluppi
Funzionalità generale	★★★★★	Nessuno	Nessuna
Interfaccia utente	★★★	Eccessivo numero di tasti ed informazioni	Semplificazione comandi
Identificazione attrezzatura	★★★★	Specificare la corretta locazione all'interno del cassetto	Introdurre un approccio di «geo-localizzazione»
Deposito attrezzatura	★★★	Eccessivo tempo impiegato	Velocizzazione del caricamento dell'attrezzatura a sistema

Tabella 19 - Risultato survey operatori sistema Pick to light (versione beta)

Tramite la survey è emerso che gli operatori sono molto soddisfatti della funzionalità del sistema, in quanto esso fornisce loro tutte le informazioni utili per poter trovare l'attrezzatura in breve tempo, senza dover ricercare la calotta a vista tra tutti i cassettei disponibili. Tuttavia, l'interfaccia utente può essere migliorata, infatti, molte delle risposte ricevute lamentavano l'eccessivo numero di tasti ed informazioni da gestire, consigliando una semplificazione dei comandi. Per quanto riguarda l'identificazione dell'attrezzatura, invece, il margine di miglioramento risiede nella possibilità di dettagliare ulteriormente il posizionamento all'interno del cassetto. Infine, per il deposito dell'attrezzatura, alcuni utenti hanno suggerito di velocizzare le fasi di caricamento delle informazioni dell'attrezzatura a sistema.

Dopo aver ascoltato il parere degli operatori sono stati proposti una serie di sviluppi. Tramite le competenze, l'elevata flessibilità e la scalabilità del sistema Smiro, è stato possibile realizzare una nuova applicazione, ideata ad hoc per soddisfare al meglio tutte le richieste operative dello specifico caso studio.

Tramite l'utilizzo di un software si è reso possibile registrare tutte le operazioni di versamento e prelievo. Per privacy, gli operatori sono identificati tramite una anagrafica anonima.

Il software in stand by si presenterà con la schermata per accreditarsi (*vedi Figura 74*). L'operatore deve accedere inserendo delle credenziali di accesso fornite dal business. Sarà possibile accedere anche tramite il *badge* aziendale tramite il lettore di badge.



Figura 74 - Mockup schermata di accesso

Dopo aver eseguito l'accesso l'utente seleziona l'operazione da svolgere (*vedi Figura 75*).

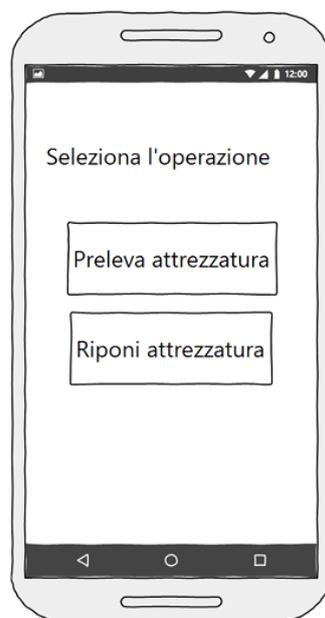


Figura 75 - Mockup selezione operazione (prelievo vs. deposito)

L'operatore esegue la ricerca della calotta desiderata, indicando il codice, o anche solo una parte di esso, e il software mostrerà il risultato della ricerca (vedi Figura 76). A questo punto l'operatore cliccherà la casella in corrispondenza del codice ricercato e passerà alla pagina successiva.

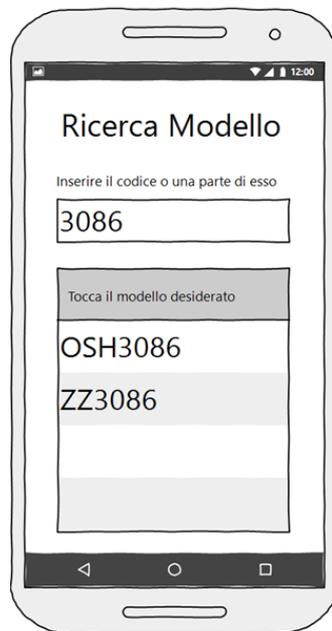


Figura 76 - Mockup ricerca modello

L'operatore visualizza tutte le informazioni presenti a sistema e disponibili per la calotta selezionata (vedi Figura 77). In particolare, indica il cassetto da aprire e contestualmente illumina il tag sul cassetto indicato. Nel caso l'operatore non facesse in tempo a vedere la luce, può premere il tasto "illumina nuovamente" per avere una seconda illuminazione.



Figura 77 - Mockup risultato della ricerca

Una ulteriore implementazione permette di rappresentare sinteticamente il cassetto e l'esatto scomparto in cui si dovrebbe trovare la calotta, in versione battaglia navale.

Una volta prelevata (o versata) la calotta dalla cassetiera, l'operatore può premere il tasto di conferma "ho fatto" che andrà a chiudere la procedura rimandando alla schermata iniziale.

Nel database del software è stata registrata la movimentazione, la quale sarà disponibile per eventuali statistiche.

Sono state ideate due tipologie di user:

- Operatore (*Mockup* visualizzati finora): effettua le operazioni di ricerca della calotta
- Manager: effettua la registrazione delle attrezzature, associando univocamente la calotta al singolo tag di riferimento per consentire il corretto funzionamento del sistema

6.6. Risultati e conclusioni

L'applicazione progettata è stata implementata nel reparto produttivo di meniscatura, secondo il progetto. Fin da subito gli operatori hanno mostrato un riscontro molto positivo sulla funzionalità e l'operatività del sistema.

Come da progetto, riportato in *Figura 69*, ogni cassetto è stato dotato del proprio tag luminoso. Sullo scaffale centrale è stata posizionata una staffa di supporto per il tablet, device che consente l'interazione con l'applicazione.

L'interfaccia dell'applicazione è stata resa molto più funzionale ed *userfriendly*.

Rispetto ai molteplici tasti presenti sulla pagina home della precedente applicazione, attualmente l'operatore può selezionare esclusivamente tre operazioni (*vedi Figura 78*), cliccando sui rispettivi tasti:

- Preleva attrezzatura: operazione da selezionare per effettuare il prelievo dell'attrezzatura necessaria
- Versa attrezzatura: operazione da selezionare per depositare l'attrezzatura utilizzata
- Logout: operazione da selezionare per effettuare il logout e svolgere le attività di manutenzione

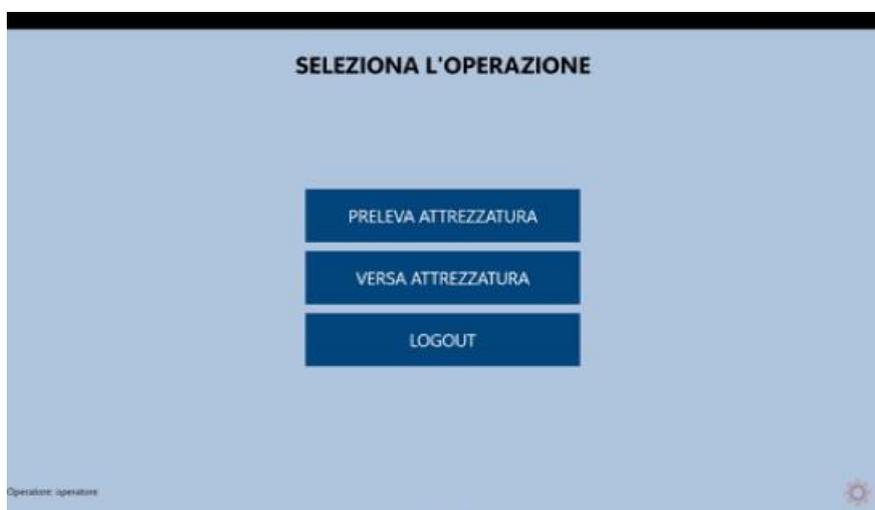


Figura 78 - Home page nuova applicazione Pick to light calotte

A seguito della selezione dell'operazione di prelievo dell'attrezzatura, l'operatore visualizza una interfaccia semplice ed intuitiva, in cui viene richiesto l'inserimento del codice del modello, o parte di esso (vedi Figura 79).

The screenshot shows a mobile application interface with a light blue background. At the top, there is a blue header with a white left-pointing arrow and the text 'RICERCA MODELLO (PRELEVA)'. Below the header, there is a search input field with the placeholder text 'Inserire il codice od una parte di esso'. To the right of the input field is a grey button labeled 'CERCA'. Below the input field, there is a small text prompt 'Tocca il modello desiderato'.

Figura 79 - Ricerca modello per il prelievo nuova applicazione Pick to light calotte

L'operatore inserisce il codice del modello, corrispondente all'attrezzatura da prelevare. Il sistema mostra le attrezzature presenti attraverso un menù a tendina (vedi Figura 80). A questo punto l'operatore seleziona il modello specifico da prelevare, con il dettaglio per versione e calibro, cliccando sul tasto in corrispondenza dell'attrezzatura.

The screenshot shows the same mobile application interface as Figure 79. The search input field now contains the text 'OBE2326'. Below the input field, a dropdown menu is open, displaying four options: 'OBE2326', 'OBE2326_', 'OBE2326F', and 'OBE2326F_'. The 'CERCA' button is still visible to the right of the input field.

Figura 80 - Selezione attrezzatura da prelevare nuova applicazione Pick to light calotte

Successivamente, il sistema mostra tutte le informazioni necessarie per il prelievo direttamente sullo schermo del tablet (vedi Figura 81). In particolare, lo scaffale (S4) e il cassetto (C5) da aprire per il prelievo. Contemporaneamente la base station invia il segnale in radio frequenza al tag di riferimento che si illumina, evidenziando la posizione di interesse. Qualora l'operatore non riesca a visualizzare immediatamente il tag (entro i 4 secondi), ha la possibilità di far illuminare nuovamente il tag cliccando sull'apposito tasto "Illumina nuovamente". Una volta effettuato il prelievo, l'operatore deve comunicare al sistema l'avvenuto prelievo, in modo tale da tenere traccia delle attività svolte ed aggiornare il database.



Figura 81 - Informazioni per il prelievo nuova applicazione Pick to light calotte

Le medesime operazioni sono replicate per il versamento, rispettando la posizione fissa indicata da sistema. In altre parole, l'operatore seleziona l'opzione di versamento e il sistema indica la posizione in cui deve essere depositata l'attrezzatura. Al termine dell'operazione viene dichiarata l'esecuzione del deposito e il database viene aggiornato.

In termini di reportistica sono disponibili tutti i report inerenti alle attività svolte sul sistema; quindi, è possibile analizzare lo storico dei prelievi e dei depositi anche per considerazioni di utilizzo delle attrezzature stesse.

A seguito degli sviluppi implementati, gli operatori hanno nuovamente valutato l'applicazione (vedi Figura 82).

I risultati ottenuti sono stati ottimi e, grazie al significativo coinvolgimento del reparto produttivo, su cui l'intero team ha lavorato fin da subito, ognuno di loro si è sentito parte integrante del progetto e ha condiviso la sensazione di piacere nella realizzazione della soluzione proposta.

Tema	Potenziali problemi	Suggerimenti per sviluppi	Sviluppi	Punteggio finale
Funzionalità generale	Nessuno	Nessuna	/	★★★★★
Interfaccia utente	Eccessivo numero di tasti ed informazioni	Semplificazione comandi	9 dati in input → 1 11 tasti → 3	★★★★★
Identificazione attrezzatura	Specificare la corretta locazione all'interno del cassetto	Introdurre un approccio di «geo-localizzazione»	Visualizzazione griglia su tablet	★★★★
Deposito attrezzatura	Eccessivo tempo impiegato	Velocizzazione del caricamento dell'attrezzatura a sistema	Caricamento con QR code 	In fase di realizzazione

Figura 82 - Risultato survey operatori sistema Pick to light (versione aggiornata)

Dopo aver implementato la nuova applicazione in reparto, è stato verificato l'effettivo funzionamento e, tramite una nuova raccolta dati, sono stati rilevati i tempi di ricerca a seguito dell'implementazione del sistema *Pick to light*.

I risultati sono estremamente positivi, in quanto rispetto al tempo medio iniziale di ricerca di 5,8 minuti si è passati ad un tempo medio di ricerca di 0,2 minuti (-96%), standardizzato grazie alla facilità di utilizzo del sistema (vedi Tabelle 20 e Figura 83).

Dati PRIMA	Valore [min]	Dati DOPO	Valore [min]
Media	5,8	Media	0,2
Deviazione standard	3,8	Deviazione standard	0,21
Minimo	0,50	Minimo	0,18
Massimo	12	Massimo	0,78

Tabelle 20 - Dati riassuntivi tempi di ricerca attrezzatura PRIMA Vs. DOPO

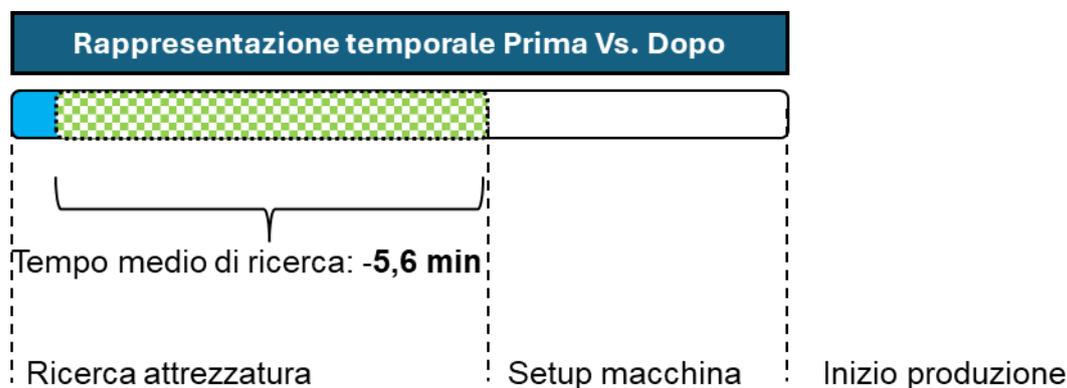


Figura 83 - Rappresentazione temporale prima Vs. dopo

In Figura 85 si noti come, rispetto ai dati rilevati prima dell'introduzione del sistema *Pick to light*, ora i tempi di ricerca sono caratterizzati da una deviazione standard molto contenuta (0,21), per cui il processo risulta essere estremamente standardizzato. Inoltre, le operazioni richieste sono facilmente ripetibili e i dati risultano essere indipendenti dall'operatore/operatrice che svolge l'attività di ricerca. Quindi l'utilizzo del sistema non richiede nessuna conoscenza specifica e, tramite la semplificazione dell'interfaccia, è facilmente utilizzabile da chiunque.

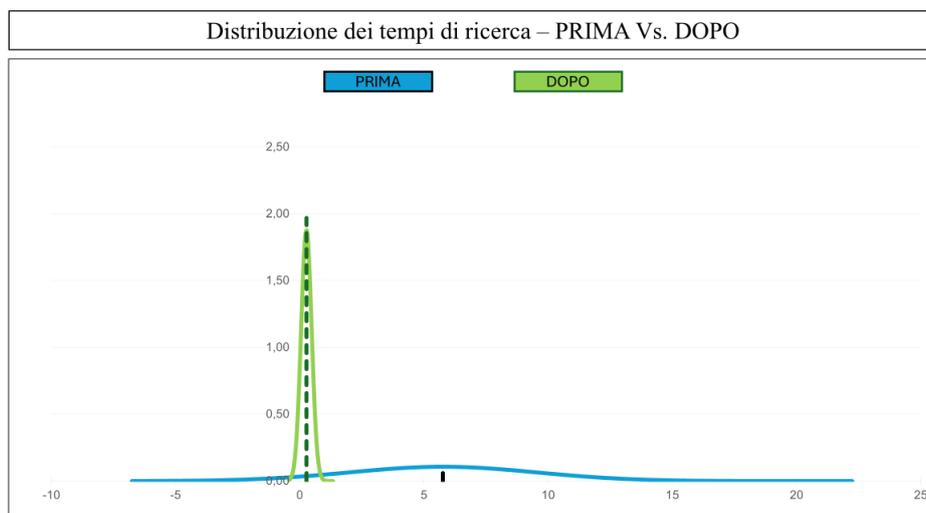


Figura 84 - Distribuzione dei tempi di ricerca prima Vs. dopo

Nel mese di gennaio è stato consuntivato l'effettivo *saving* ricavato grazie alla soluzione proposta, calcolato come aumento di capacità produttiva nell'area di meniscatura e i risultati hanno superato le aspettative, confermando la funzionalità della soluzione implementata e l'ipotesi dell'interessante *pay-back* dell'investimento. I vantaggi sono visibili anche sull'aumento del rendimento della manodopera rispetto ai dati storici.

In conclusione, la risoluzione della criticità riscontrata in reparto, in merito all'elevato tempo impiegato dagli operatori, ha consentito di migliorare le attività a non valore aggiunto. Inoltre, ritengo che uno dei migliori benefici ottenuti dall'implementazione di questo progetto riguardi proprio il miglioramento della metodologia di lavoro. Fin da subito tutti gli operatori si sono resi disponibili e collaborativi per trovare una soluzione funzionale. Attualmente gli operatori sono messi nelle condizioni di poter lavorare serenamente, senza dover più perdere tempo nella ricerca di attrezzature, operazione "inutile" e "frustrante" per loro, specie quando non riuscivano a trovare l'attrezzatura di cui necessitavano, in breve tempo, prima dell'introduzione dell'applicazione.

Dall'implementazione del nuovo sistema *Pick to light*, l'intero reparto è stato travolto da un'onda positiva di innovazione, un cambiamento radicale che da una semplice idea è stato trasformato in realtà.

"Innovation is the ability to see change as an opportunity – not a threat"

- Steve Jobs -

All'interno dello stabilimento produttivo di Lauriano, diverse sono le nuove aree in cui è già in corso l'implementazione di sistemi *Pick to light* per migliorare il lavoro di tutti i giorni ed estendere la soluzione fin dove possibile, come da manuale della metodologia *PDCA*, per trasformare ogni criticità in una opportunità di miglioramento. I futuri sviluppi dell'applicazione prevedono l'inserimento di una immagine rappresentativa del cassetto interno, per facilitare ulteriormente l'individuazione della posizione esatta dell'attrezzatura. Inoltre, è in corso un'analisi sull'implementazione della gestione con QR code delle attrezzature al fine di limitare eventuali errori di inserimento dati da parte dell'operatore. L'ultimo step riguarda l'interazione completa dell'applicazione *Pick to light* con il sistema aziendale MES, con la possibilità di gestire tutte le casistiche direttamente tramite ordine di produzione, introducendo la gestione delle attrezzature in base al modello e ai volumi produttivi con l'intento di migliorare le analisi attualmente realizzabili.

7. Caso studio: implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali

Il capitolo descrive l'applicazione pratica di alcuni dei principali fondamenti della *lean production* e dei concetti teorici descritti finora. La trattazione verte sull'analisi della gestione della produzione dell'area di fresatura dello stabilimento produttivo EssilorLuxottica di Lauriano (TO).

Tutte le analisi effettuate sono state frutto di una metodica applicazione degli insegnamenti teorici appresi dai diversi corsi di studio, in particolare il corso di "Gestione della produzione", combinati con i riscontri pratici e le linee guida fornitemi durante l'esperienza di tirocinio, svolta all'interno dell'azienda, in qualità di *Manufacturing Engineer*.

Attraverso l'implementazione del sistema informativo MES nell'area di produzione dei frontali grezzi, è stato possibile strutturare la logica di produzione di tipo Pull (*vedi capitolo 5.5.2*) basata sui principi della *lean production*. Da un punto di vista complessivo sullo stabilimento e sull'intero processo produttivo, l'effettiva gestione della produzione nell'area dei frontali grezzi, è ben rappresentata dalla metodologia *Drum – Buffer – Rope*, propria dei sistemi ibridi *Push/Pull*, descritta precedentemente nel relativo capitolo.

L'obiettivo del progetto è di migliorare l'efficienza dell'area produttiva in questione, riducendo il numero di attrezzaggi. L'area è dotata di macchine a controllo numerico, connesse in rete, per cui il KPI di riferimento è stato l'OEE (*vedi capitolo 2.1*).

La realizzazione del progetto è stata possibile a seguito dell'implementazione del sistema informativo aziendale di *Manufacturing Execution System* (*vedi capitolo 4.2*).

Durante il percorso di tirocinio, in qualità di *Manufacturing Engineer*, mi sono occupato della gestione ed implementazione del MES aziendale in ottica di digitalizzazione industriale.

Il sistema consente il controllo della produzione in termini di raccolta dei dati di interesse, come la posizione dell'ordine di produzione in reparto, lo stato di completamento della commessa, la quantità delle risorse utilizzate e gli eventuali ritardi nella produzione, al fine di verificare la coerenza tra la programmazione e la produzione effettiva. Il MES è in grado di fornire i dati utili a verificare le anomalie del processo produttivo e riportare il sistema ad un livello di coerenza per raggiungere i target aziendali. Inoltre, è possibile verificare la corrispondenza dei risultati dei controlli agli standard definiti, come le priorità, la capacità produttiva e le attività di *scheduling*.

I cenni teorici, precedentemente descritti, sono necessari per comprendere la logica e la metodologia applicata nel caso studio in esame, dai principi della *lean production* alle logiche produttive e tutte le metodologie descritte nei capitoli precedenti.

Nella seguente trattazione sono riportati tutti i dettagli delle analisi e delle attività, che ho svolto personalmente, per la realizzazione di un progetto aziendale, finalizzato all'ottimizzazione della produzione nell'area di fresatura dello stabilimento produttivo EssilorLuxottica di Lauriano (TO), attraverso la riduzione dei fermi macchina dovuti agli attrezzaggi, con conseguente aumento dell'OEE, aumento dell'efficienza produttiva, riduzione degli scarti per setup e *saving* per riduzione di consumo di materiali indiretti impiegati durante le operazioni di attrezzaggio.

7.1. Glossario caso studio: implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali

Modello: vedi capitolo 6.1 “Glossario caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura”.

Cambio modello: operazioni di *setup* necessarie per processare un lotto di produzione riferito ad un modello differente rispetto a quello attualmente in produzione sulla specifica risorsa

Calibro: vedi capitolo 6.1 “Glossario caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura”.

Cambio calibro: operazioni di *setup* necessarie per processare un lotto di produzione riferito allo stesso modello rispetto a quello attualmente in produzione sulla specifica risorsa, ma caratterizzato da un calibro differente.

Ordine di produzione: vedi capitolo 6.1 “Glossario caso studio: implementazione del sistema Pick to light per la gestione di attrezzature nell'area di meniscatura”.

Lastre/foglio di plastica in acetato: la materia prima dell'acetato è gestita sotto forma di fogli o lastre di plastiche. Ogni foglio di plastica può arrivare a pesare fino a 4 kg, mentre le lastre, che non sono altro che una porzione di foglio, hanno un peso minore, ma comunque significativo.

Fresa: “utensile per la lavorazione di metalli, legnami o altri materiali, costituito da un solido di rotazione sulla cui superficie sono simmetricamente distribuiti due o più taglienti i quali, allorché l'utensile, applicato al mandrino di una fresatrice (o di altra macchina), ruota uniformemente intorno al proprio asse, vengono successivamente e periodicamente a contatto con il pezzo in lavorazione, asportando materiale sotto forma di trucioli discontinui. A seconda della forma del solido si hanno: f. cilindriche, a disco (se di piccolo spessore rispetto al diametro del cilindro), a gambo (se il disco, di piccolo diametro, è a corpo unico con il gambo), coniche, ecc.; in base alla disposizione del profilo tagliente dei denti si distinguono f. frontali, i cui taglienti giacciono su superfici normali all'asse della fresa, e f. tangenziali, con taglienti periferici. Frese di piccole dimensioni vengono adoperate anche al di fuori del campo delle lavorazioni meccaniche, per es. in odontoiatria, applicate al trapano che le mette in rotazione.” (Treccani, 1932)



Figura 85 – Fresa a candela
(Fonte: Utensilstore, 2024)

Centro di lavoro a controllo numerico a 5 assi: è una macchina utensile che utilizza un sistema di controllo computerizzato per gestire uno strumento contemporaneamente su 5 assi dimensionali. Una macchina *cnc* 5 assi permette di realizzare lavorazioni superiori dal punto di vista tecnologico rispetto ad una versione tradizionale con 3 assi.

In questo tipo di macchina a controllo numerico (*vedi Figura 86*), 5 assi lavorano in cinque direzioni diverse nello stesso momento; i movimenti della macchina vengono indicati attraverso tre punti dell'asse principale ovvero: X, Y e Z.



*Figura 86 - Centro di lavoro a controllo numerico a 5 assi
(Fonte: FANUC, 2024)*

Programma di lavorazione: ogni modello, per essere processato su una macchina a controllo numerico, deve avere il proprio programma di lavorazione. I programmi sono creati appositamente per ogni singolo modello e variano anche a seconda del calibro o della vestibilità che caratterizzano il pezzo. Per programma si intende un vero e proprio codice contenente tutti i parametri necessari per poter controllare la lavorazione della macchina a controllo numerico.

Espansibili: attrezzature utilizzate per bloccare il frontale grezzo, a seguito della lavorazione di fresatura interna, per consentire la lavorazione di fresatura esterna. Essi vengono a loro volta fresati, prima di montare la montatura da lavorare, in base alle specifiche di progettazione (*vedi Figura 87*).



*Figura 87 – Espansibili
(Fonte: SCM Group, 2024)*

7.2. L'area produttiva grezzo frontali

Lo stabilimento produttivo EssilorLuxottica di Lauriano (TO) è strutturato su più piani. Al piano terra è situata la totalità delle aree produttive, esclusi i buratti ed i magazzini. Nel dettaglio il reparto produttivo può essere suddiviso in tre aree rappresentate in *Figura 88*:

- **Grezzo aste:** partendo da un'asta grezza, un semplice pezzo di materia prima, attraverso le fasi che includono la spessoratura, la sagomatura, la curvatura e l'aggiunta di dettagli estetici in base al design, si ottiene un'asta robusta e confortevole che completa perfettamente la montatura. In quest'area vengono svolte tutte le operazioni di manodopera fino all'inserimento delle capsule per permettere alle aste di essere processate correttamente ai buratti (*vedi capitolo 1.3.5.1*).
- **Grezzo frontali:** è un'area ad alta concentrazione di macchinari a controllo numerico. Qui vengono svolte tutte le lavorazioni grezze, dal taglio della lastra grezza di acetato, alla fresatura del frontale, fino alla capsulatura delle cerniere, prima di proseguire con le fasi di burattatura (*vedi capitolo 1.3.5.1*).
- **Finitura:** dopo essere state accoppiate secondo quanto richiesto dalla distinta base, le aste ed i frontali si uniscono per dare vita agli occhiali. Le fasi svolte nell'area di finitura includono perfezionamenti, decorazioni, montaggio delle lenti e un controllo qualità meticoloso (*vedi capitolo 1.3.5.1*).



Figura 88 - Layout reparto produttivo Lauriano (TO)

All'interno di un qualsiasi stabilimento produttivo le aree di lavoro possono essere suddivise in:

- **Capital intensive:** si basano su macchinari, attrezzature e infrastrutture costose per la produzione. Il costo di questi beni rappresenta una parte significativa delle spese operative complessive. Ad esempio, le linee di assemblaggio automatizzate, l'elevata presenza di robot e macchinari all'avanguardia, che richiedono un intervento umano minimo, solitamente nelle prime fasi di setup. La maggior parte del grezzo frontali e grezzo aste possono essere catalogate come "capital intensive".
- **Smart Labor:** sono caratterizzate da postazioni di lavoro in cui le lavorazioni sono principalmente manuali. Il costo del lavoro rappresenta una parte importante delle spese operative complessive. Ad esempio, tutte le aree produttive in cui artigiani qualificati utilizzano strumenti e tecniche tradizionali per creare prodotti che richiedono un alto grado di lavoro manuale. L'intero reparto della finitura può essere inteso come "smart labor".

Dal punto di vista dell'organizzazione delle risorse fisiche, l'area del grezzo è gestita secondo l'organigramma riportato in *Figura 89*. Ognuna delle due sotto aree del grezzo, strutturata in operatori e capiturno, fa riferimento al proprio capo reparto, i quali sono gestiti da un unico responsabile dell'area grezzo che risponde direttamente al *production manager*.



Figura 89 - Organigramma area grezzo

L'area produttiva grezzo frontali può essere scomposta in 5 centri di lavoro, in base alle principali lavorazioni svolte (vedi *Figura 90*).

In particolare, ripercorrendo il flusso del processo produttivo di un occhiale in acetato, essi sono:

- **Magazzino e taglio plastiche:** in quest'area si trovano il magazzino per lo stoccaggio dei fogli e delle lastre in acetato e i rispettivi macchinari necessari per la realizzazione delle fasi di spessoratura e taglio tavolette dei frontali.
- **Incollaggio:** tutte le macchine che svolgono le lavorazioni di incollaggio tasselli sono concentrate in quest'area.
- **Fresatura interni:** le macchine a controllo numerico impiegate per la realizzazione della fresatura degli interni sono posizionate in corrispondenza delle aree di incollaggio e di taglio, in modo da semplificare il flusso fisico.
- **Fresatura esterni:** in quest'area sono concentrate tutte le macchine a controllo numerico a 5 assi che consentono di svolgere la fase di lavoro di fresatura esterna. È il fulcro dell'area del grezzo frontali e risulta essere un reparto critico in quanto tali macchine, essendo il *bottleneck* del flusso produttivo, dettano la produzione nell'intera area del grezzo frontali.
- **Pre-buratto:** area in cui si trovano tutte i macchinari e i banchi di lavoro necessari per realizzare le restanti operazioni prima di movimentare i frontali al piano superiore per le operazioni di burattatura.

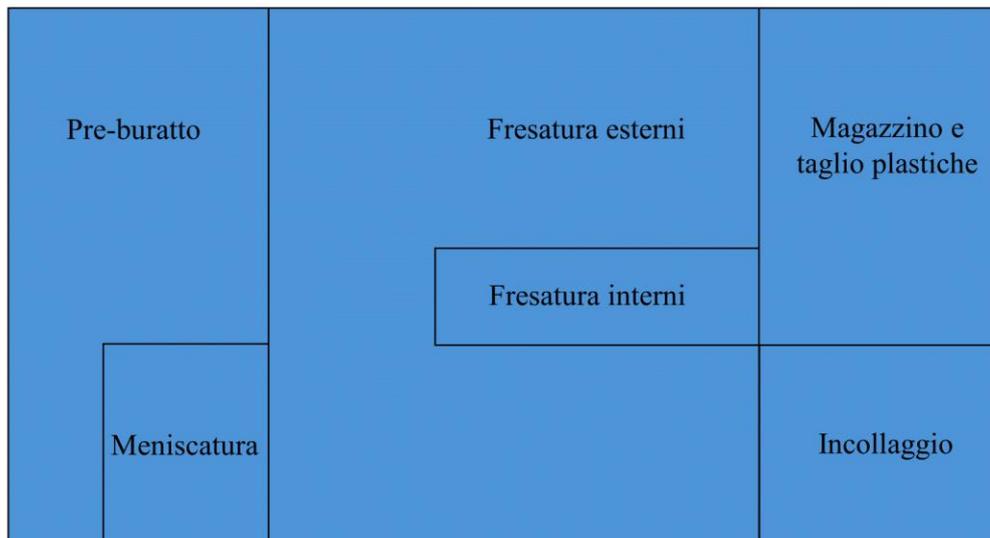


Figura 90 - Layout dettaglio area grezzo frontali

La struttura organizzativa dell'area del grezzo frontali è composta da operai specializzati per ogni area di lavoro (vedi Figura 91). Attraverso l'aggiornamento e la continua formazione svolta in reparto, e monitorata attraverso la *Skill Matrix*²⁸, l'area è caratterizzata da un'elevata polivalenza, che permette di gestire al meglio le risorse in base alle necessità di produzione.

L'area del magazzino plastiche è gestita da un responsabile dell'area, che coordina le attività di smistamento di materiali in ingresso (lastre e fogli in acetato di cellulosa) e gestisce la produzione del taglio delle lastre in tavolette.

Per quanto riguarda le aree di incollaggio, fresatura interni e fresatura esterni, tutti gli operai sono gestiti da un'unica figura di riferimento, che coordina la totalità di queste tre aree. La scelta è dettata dall'elevata interdipendenza delle fasi svolte in queste aree e dall'esigenza di dover gestire con una notevole flessibilità i fabbisogni produttivi.

Segue l'area denominata "pre-buratto" in cui gli operatori svolgono tutte le attività di meniscatura ed incernieratura, fino alla preparazione dei pezzi per le lavorazioni di burattatura. Come il taglio plastiche, anche in questo caso il presidio avviene tramite un capoturno specifico per l'area.

Il flusso fisico dei materiali rispetta il processo produttivo (vedi capitolo 1.3.5.1). In Figura 91 si evidenzia come dall'area del taglio plastiche è possibile dettagliare due diversi flussi di lavoro, in base alle lavorazioni previste nei cicli di lavoro dei modelli da processare; infatti, non tutti i modelli richiedono l'incollaggio dei componenti in corrispondenza della struttura centrale, per l'appoggio sul naso, e delle estremità, per consentire l'inserimento delle cerniere.

Mentre tutti i modelli richiedono, ovviamente, le fasi di fresatura interna ed esterna, all'interno del pre-buratto sarebbe possibile dettagliare diversi flussi in base ai *clusters* dei modelli prodotti.

²⁸ "La skill matrix, o matrice delle competenze, è uno strumento utilizzato dalle aziende per monitorare, gestire e organizzare al meglio le competenze dei membri di un team di lavoro. È uno strumento visuale che mostra la combinazione tra le abilità richieste da ruoli specifici e l'attuale livello di competenza di ciascun dipendente per ciascuna attività". (AWMS workforce management, 2024)

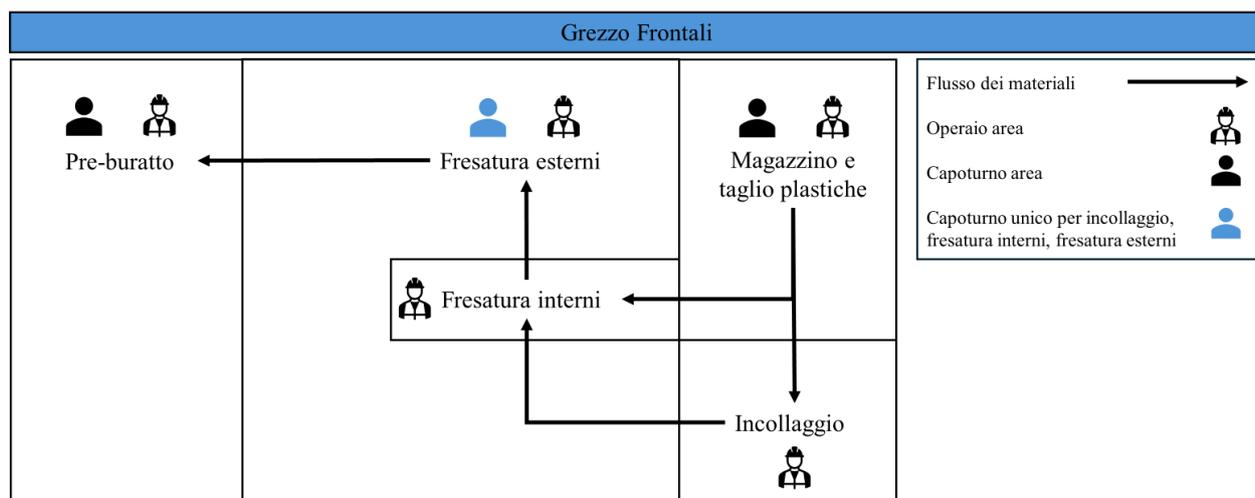


Figura 91 - Struttura area grezzo frontali

Al fine di riassumere tutte le informazioni, nella *tabella 21* sono riportati i principali dati che caratterizzano le specifiche aree dal punto di vista delle risorse umane. L'informazione inerente agli operatori è da intendersi come percentuale del numero di operatori rispetto al totale degli operatori impiegati nell'area del grezzo frontali.

Area	Operatori	Responsabili	Turni di lavoro
Magazzino e taglio plastiche	5%	1 responsabile	3
Incollaggio	3%	2 capoturno	3
Fresatura interni	8%		3
Fresatura esterni	35%		3
Pre-buratto	50%	1 capoturno	2 / 3

Tabella 21 - Struttura risorse area grezzo frontali

Come anticipato nell'introduzione, i centri di lavoro del grezzo frontali caratterizzano l'area come "capital intensive". La maggior parte delle postazioni di lavoro sono composte da macchinari a controllo numerico, gestiti tramite una combinazione uomo-macchina, specifica per le differenti lavorazioni. Al fine di fornire un'idea complessiva del numero di macchine presenti in quest'area, segue la *tabella 22* riassuntiva. L'informazione inerente al numero di macchinari è da intendersi come percentuale del numero di macchinari rispetto al totale dei macchinari impiegati nell'area del grezzo frontali.

Tipologia Macchinari	Area	% n° macchinari	Turni di lavoro
Taglio tavolette	Taglio	3%	3
Spessoratrice liste	Taglio	3%	3
Macchina per incollaggio tasselli	Incollaggio	4%	3
CNC fresatura interni	Fresatura interni	12%	3
CNC fresatura esterni	Fresatura esterni	61%	3
Incernieratrici	Pre-buratto	11%	3
Meniscatrici	Pre-buratto	8%	2 / 3

Tabella 22 - Macchinari area grezzo frontali

7.2.1. Le lavorazioni analizzate

La realizzazione di un occhiale in acetato richiede una serie di fasi di lavorazione, descritte nell'apposito capitolo “*Il processo produttivo di un occhiale in acetato*” (vedi capitolo 1.3.5.1). Nella seguente trattazione si analizzano nel dettaglio le fasi di lavoro dal taglio tavolette alla fresatura degli esterni (vedi Figura 92).



Figura 92 - Processo produttivo di un occhiale in acetato: le lavorazioni dell'area grezzo frontali analizzate nel caso studio

Una parte fondamentale del processo di fabbricazione degli occhiali è la realizzazione del frontale a partire dalla lamina di acetato. Si tratta di una procedura complessa: il tempo richiesto per ottenere un modello finito a partire dalla lamina può raggiungere le tre settimane.

Stoccaggio della plastica: è la fase in cui l'acetato di cellulosa viene stoccato in lamine. Le lamine fornite presentano determinati standard di qualità e proprietà intrinseche dei materiali.



Figura 93 - Stoccaggio della plastica
(Fonte: Piattaforma Leonardo)

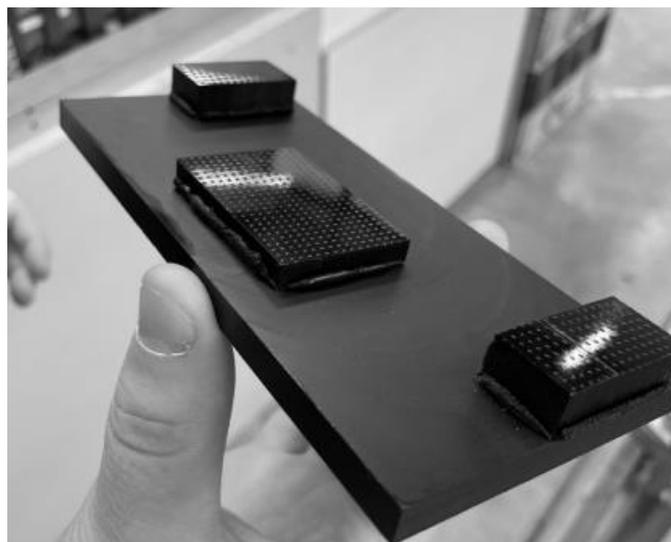
Taglio: Le lamine prelevate dal magazzino plastiche vengono dapprima tagliate in lunghi listelli. Poi, da un listello, si ottengono blocchi lunghi in media 15 cm e larghi 5 cm.



*Figura 94 - Taglio del frontale
(Fonte: Piattaforma Leonardo)*

Spessoratura: Le strisce o i blocchi pretagliati potrebbero richiedere una fase di spessoratura per ottenere appunto uno spessore specifico. A questo scopo, vengono usate macchine speciali per rimuovere l'acetato in eccesso.

Incollaggio: Il materiale posizionato sulla parte centrale della tavoletta e gli altri componenti decorativi richiedono solitamente tavole più spesse rispetto al resto del frontale. Se la differenza fosse grande, al fine di ridurre gli sprechi, potrebbe essere preferibile aggiungere materiale nelle posizioni richieste incollando strisce piccole, anziché usare una tavola più spessa e rimuovere più materiale nella successiva fase di fresatura. Si ricorre principalmente all'incollatura per alcune componenti realizzate partendo da blocchi levigati preformati (vedi Figura 95).



*Figura 95 - Tavoletta con spessori per cerniere e naselli
(Fonte: Dell'Agnola, A., 2023)*

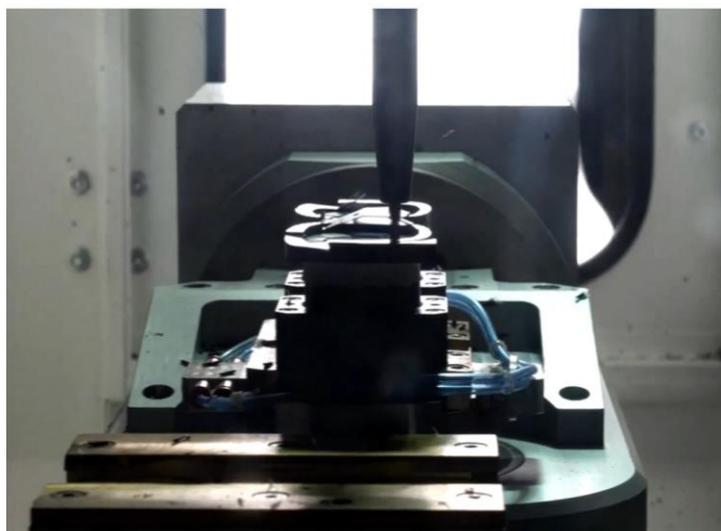
Fresatura del frontale: Dopo averlo preparato per l'incollatura e la piegatura, il blocco deve essere sottoposto a 2 operazioni di fresatura svolte da macchine controllate numericamente, con un elevato grado di automazione nelle fasi seguenti: caricamento del blocco, fresatura, cambio del dispositivo di taglio e scarico del frontale.

Fresatura interna: Il blocco viene spinto in posizione da un elemento di spinta e trattenuto da uno bloccaggio pneumatico. Lo strumento rimuove il materiale per creare la forma delle lente interna, la smussatura e la scanalatura (il canale in cui è posizionata la lente). Ciascun modello ha un programma di taglio specifico, e il dispositivo di taglio usato varia in funzione della lente inserita (graduata, occhiali da sole in plastica o in cristallo) e della forma dell'asta (*vedi Figura 96*).



*Figura 96 - Fresatura interna
(Fonte: Piattaforma Leonardo)*

Fresatura esterna: In questa fase, uno dei principali utensili a nostra disposizione è il centro di lavoro a 5 assi, il macchinario di riferimento per produrre frontali complessi. Dato che vengono creati modelli sempre più diversi in termini di forme e finiture, l'evoluzione tecnologica deve andare di pari passo con l'evoluzione del design (*vedi Figura 97*).



*Figura 97 - Fresatura esterna
(Fonte: Piattaforma Leonardo)*

7.2.2. Gestione della produzione AS-WAS

Nel seguente capitolo viene descritta la gestione della produzione nell'area del grezzo frontali prima dell'introduzione della logica *Pull*, resa possibile attraverso l'implementazione del sistema MES.

A livello gestionale tutti i componenti necessari, descritti nella distinta base (DiBa²⁹), vengono richiamati da magazzini presenti in tutta Italia. La pianificazione, a seguito della verifica della disponibilità dei materiali e dei componenti, è in grado di rilasciare gli ordini di produzione con tre giorni di anticipo.

Al rilascio degli ordini di produzione di occhiali, tramite il sistema ERP (*vedi capitolo 4.1*), si attivano in automatico tutti gli ordini per richiamare i componenti, con il dettaglio delle quantità mancanti non presenti nel magazzino interno dello stabilimento produttivo di Lauriano. Inoltre, vengono inviati gli ordini di rifornimento materiale al magazzino centrale, per l'approvvigionamento delle lastre e dei fogli di acetato.

I componenti arrivano con un giorno di anticipo rispetto alle lastre di acetato, per cui il magazzino interno è in grado di "kittare"³⁰ tutti i componenti necessari e richiesti dalla distinta base (cerniere, componenti in metallo, capsule ecc.) con un giorno di anticipo rispetto all'effettiva ricezione delle lastre di acetato (MP). Parallelamente, il responsabile dell'area del taglio, facendo riferimento agli ordini rilasciati dalla pianifica, crea tre liste di produzione, suddividendo gli ordini sui tre turni lavorativi, specificando il modello e la relativa plastica necessaria (codice componente plastica presente in DiBa). In fase di ricezione delle materie prime e dei componenti, il magazziniere dell'area del taglio smista le lastre e i fogli di acetato su 3 carrelli differenti, uno per ogni turno, in base alle informazioni condivise dal responsabile del taglio. I carrelli vengono movimentati dal magazzino plastiche all'interno dell'area del taglio per consentire il prelievo e la lavorazione di taglio fogli e lastre in tavolette. A questo punto l'operatore del taglio inizia la produzione.

Giorno	Owner	Operazione
1	Pianificazione	Rilascia gli ordini di produzione
2	Fornitore plastiche	Invio materie prime (MP)
3	Magazzino	<i>Kittaggio</i> componenti necessari (<i>DiBa</i>)
3	Responsabile taglio	Creazione liste di produzione per turno
4	Magazziniere taglio	Ricezione MP e componenti
4	Magazziniere taglio	Smistamento MP su carrelli divisi per turno
4	Operatore taglio	Inizio produzione

Tabella 23 - Sequenza temporale pianificazione della produzione (taglio)

²⁹ La distinta base (*DiBa*), in inglese *Bill of Materials (BOM)*, è un documento fondamentale che descrive nel dettaglio tutti i componenti necessari per la realizzazione di un prodotto. È lista completa e strutturata di tutti gli elementi, sia principali che secondari, che concorrono alla creazione del prodotto finito.

³⁰ *Kittare*: associazione dei componenti all'ordine di produzione dell'occhiale secondo le quantità richieste. Fisicamente i componenti vengono gestiti in sacchetti di plastica, su ognuno di essi è riportata una etichetta con un codice a barre e l'informazione testuale del microlotto di produzione, codice del componente e quantità.

Dall'analisi della gestione *AS-WAS* sono emerse diverse criticità, descritte di seguito.

Le lastre di plastica sono etichettate con un codice distintivo, che ne identifica la tipologia di plastica in termini di dimensioni, peso e colore, e vengono spedite in blocco dal magazzino centrale, senza seguire una sequenza specifica per il caricamento su pallet.

Di conseguenza, presso lo stabilimento di Lauriano, anche il magazziniere dell'area del taglio procede allo smistamento delle plastiche, prelevando i fogli e le lastre di plastica dal pallet, per caricarli sui carrelli di movimentazione. Lo smistamento avviene in maniera randomica in base all'iniziale posizionamento delle lastre sul pallet, mentre il caricamento sui carrelli di movimentazione è indicato dalla lista fornita dal responsabile dell'area del taglio secondo la divisione per turni di lavoro.

Le lastre e i fogli di plastica vengono prelevati manualmente sia dal pallet che dai carrelli. Ogni lastra di plastica può arrivare a pesare fino a 4kg, per cui è difficoltoso manovrarle quando queste sono stoccate insieme tra loro, sia per questioni di sicurezza sia per vincoli operativi, come l'impossibilità di identificare la plastica tramite il codice distintivo quando sono stoccate sul pallet.

Le lastre vengono depositate sui carrelli secondo la logica *LIFO* (vedi capitolo 5.5.1) rispetto al posizionamento su pallet e, a loro volta, gli operatori del taglio non sono messi nelle condizioni di poter prelevare le lastre secondo un ordine ben preciso; quindi, si replica nuovamente la regola *LIFO* in base al caricamento sul carrello. Dunque, dal punto di vista produttivo, gli operatori del taglio processano le lastre seguendo l'ordine inverso di caricamento sul carrello (vedi Figura 98).

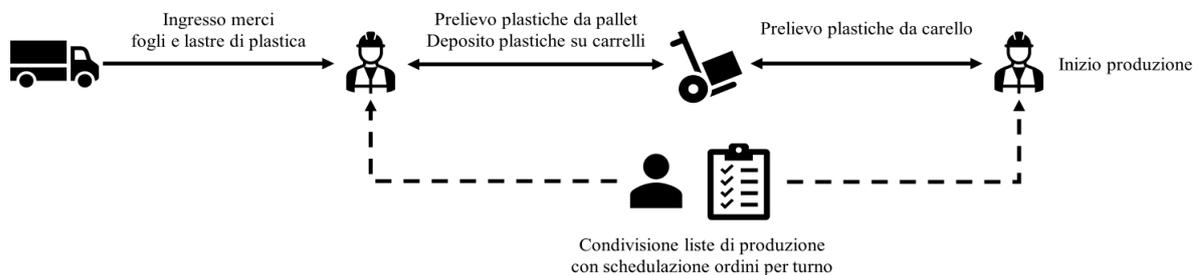


Figura 98 - Flusso operativo nell'area taglio



Figura 99 - Carrelli per la movimentazione delle plastiche

È evidente come la gestione della produzione *AS-WAS* seguisse una logica di tipo *Push* dal taglio in avanti. Le aree produttive a valle ricevevano i semilavorati processati dall'area del taglio frontali e gestivano la produzione in base al *WIP* in ingresso nelle aree di incollaggio e fresatura interni. Quindi, i capigruppo dell'area di incollaggio e fresatura erano in grado di gestire esclusivamente i materiali forniti dal taglio, secondo il flusso decisionale descritto (vedi Figura 100).

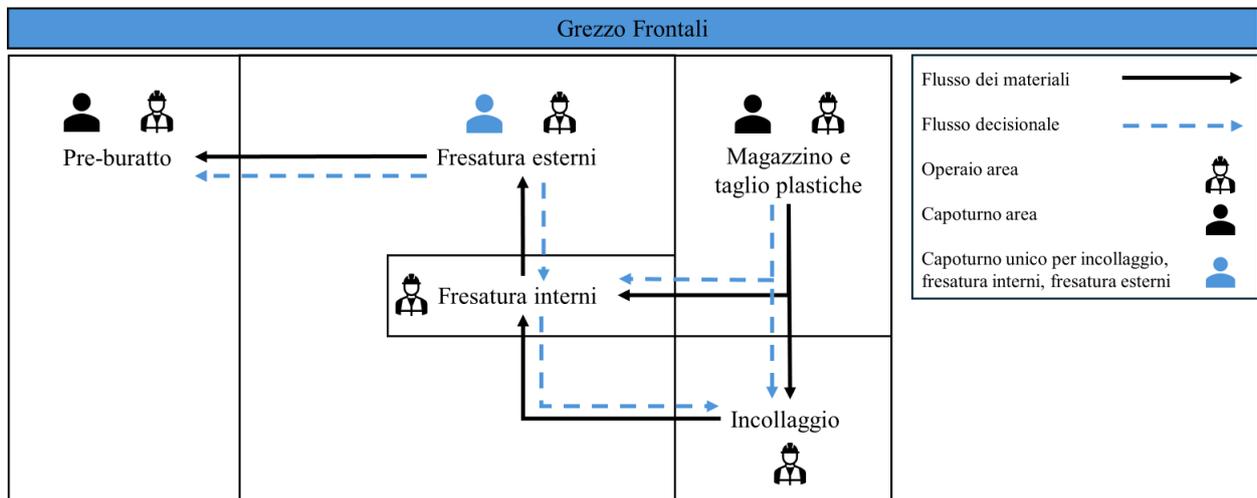


Figura 100 - Gestione della produzione area grezzo frontali (PRIMA)

A causa dell'assenza di un sistema informatico, l'intera gestione di reparto avveniva tramite l'utilizzo di modelli Excel e del sistema gestionale ERP, in quale non è in grado di tracciare le singole fasi produttive, ma solo delle "milestone", ovvero dei *gate* di avanzamento dello stato dell'ordine in punti critici del reparto. Di solito le *milestone* sono posizionate in corrispondenza della movimentazione del *WIP* da un'area produttiva alla successiva.

Nonostante l'elevato numero di macchine presenti nell'area, i capigruppo gestivano il reparto tramite un modello Excel (vedi tabella 24) contenente le informazioni riferite a:

- Risorsa
- Modello attualmente in lavorazione
- Autonomia: calcolata in ore in base all'esperienza e ai dati storici a disposizione
 - OK: la risorsa ha alimentazione garantita anche nel turno successivo
 - CM: cambio modello previsto nel turno successivo
 - CC: cambio calibro previsto nel turno successivo
- Modello successivo da lavorare in macchina: scelto in base a criteri che favoriscono e velocizzano le attività di attrezzaggio, sempre in base all'esperienza dei capigruppo

Risorsa	Modello attuale	Autonomia	Modello successivo
Risorsa 1	Modello 1	<i>OK</i>	
Risorsa 2	Modello 2	<i>CM 2h</i>	<i>Modello 22</i>
Risorsa 3	Modello 3	<i>CC 4h</i>	<i>Modello 3 calibro 54</i>
Risorsa 4	Modello 4	<i>OK</i>	
Risorsa 5	Modello 5	<i>OK</i>	
Risorsa 6	Modello 6	<i>CM 3h</i>	<i>Modello 34</i>
Risorsa 7	Modello 7	<i>OK</i>	
Risorsa 8	Modello 8	<i>OK</i>	
Risorsa 9	Modello 9	<i>OK</i>	
Risorsa 10	Modello 10	<i>OK</i>	<i>Alimentazione taglio</i>

Tabella 24 - Esempio schedulazione della produzione area fresatura esterni

Il monitoraggio degli ordini da processare avveniva tramite la combinazione dei dati aggregati disponibili dall'ERP e la gestione a vista in reparto. Ogni capoturno elaborava una situazione del turno corrente e pianificava i modelli da processare nel turno seguente. Durante il cambio turno questa pianificazione era condivisa al capoturno successivo e l'attività veniva ripetuta per ogni turno di lavoro. I momenti iniziali del turno di lavoro erano dedicati al controllo della situazione ereditata dal turno precedente e al monitoraggio effettivo degli ordini e dei modelli in reparto tramite una gestione a vista.

La gestione *AS-WAS* causava una serie di criticità nelle diverse aree, generando problemi di inefficienza produttiva nell'intero stabilimento produttivo.

Il collo di bottiglia dell'area del grezzo frontali risulta essere il centro di lavoro in cui viene svolta la fresatura degli esterni. Per definizione di risorsa *bottleneck*, è indispensabile garantire il miglior utilizzo delle macchine presenti in quest'area, riducendo i fermi macchina con l'intento, per quanto possibile, di mantenere le risorse sempre in stato produttivo.

La logica produttiva appena descritta non consentiva una gestione ottimale, in quanto gli ordini e i modelli da processare erano "spinti" dal taglio in avanti.

La lavorazione di fresatura degli esterni richiede una serie di operazioni, la più critica risulta essere l'attrezzaggio macchina. Trattandosi di macchine a controllo numerico, esclusi i casi di fermo macchina per allarme impianto o anomalie di sistema, la risorsa è in grado di produrre in "autonomia" lotti di grandi quantità di pezzi. L'operatore ha il compito di garantire il corretto funzionamento della macchina, monitorare le prestazioni della stessa e controllare la produzione dei pezzi in termini qualitativi.

Ogni qualvolta la risorsa produttiva deve processare un nuovo modello, diverso rispetto a quello attualmente in lavorazione, è necessario svolgere delle operazioni di setup, tra cui la sostituzione degli utensili montati in macchina, apportare modifiche al programma per il corretto ciclo di lavoro e il rifacimento degli espansibili.

Mediamente prima di ottenere il primo pezzo buono prodotto, l'operatore impiega circa 2 ore per eseguire tutte le fasi di setup necessarie. Inoltre, durante ogni setup si generano, in media, almeno 3 pezzi di scarto. Quest'ultimi sono dovuti principalmente a test che l'operatore è tenuto a svolgere per verificare il corretto posizionamento degli utensili, le coordinate ed i parametri impostati sul codice del programma della lavorazione da eseguire. Ogni setup eseguito equivale ad una perdita di disponibilità pari all'8% rispetto al tempo pianificato.

La gestione *AS-WAS* creava visibili difficoltà per la schedulazione della produzione delle aree a valle del taglio. Con i mezzi a disposizione e in base alla loro esperienza, i capiturno cercavano di limitare il numero di cambi macchina per risorsa con l'obiettivo di rendere continua l'alimentazione delle risorse, al fine di mantenere costante il livello di disponibilità macchina (parametro OEE).

Rispetto a quanto detto finora, in reparto ho rilevato delle situazioni anomale come l'errata sequenza di schedulazione di alcuni ordini di produzione. Ad esempio, durante la stessa giornata lavorativa, sulla medesima risorsa produttiva era possibile lavorare il modello A durante il primo turno, per poi eseguire tutte le operazioni di setup per poter processare un ordine di produzione del modello B nel secondo turno ed infine riattrezzare nuovamente la risorsa per tornare a processare il modello A (vedi *Figura 101*).

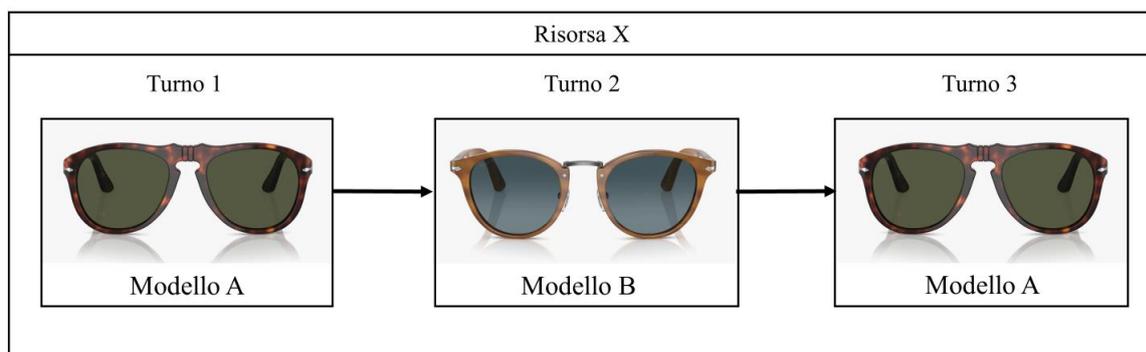


Figura 101 - Errata sequenza di lavorazione

Situazioni di questo tipo comportano diverse perdite, in particolare i pezzi scartati evitabili corrispondono a perdite di qualità, così come il tempo impiegato per effettuare le operazioni di attrezzaggio impattano negativamente sul parametro di *availability* dell'OEE con conseguente riduzione della capacità produttiva, particolarmente dannosa trattandosi di risorse critiche (-8% del tempo pianificato). Alle perdite appena descritte vanno aggiunte ulteriori considerazioni connesse all'impiego della risorsa umana nello svolgimento di attività di setup che potevano essere evitate. Ad esempio, i pezzi di scarto generati dalle altre macchine sotto la responsabilità dell'operatore, potevano essere evitati se l'operatore fosse stato messo nelle condizioni di poter seguire correttamente le macchine, senza dover impiegare il proprio tempo per effettuare operazioni di setup. Altre perdite potrebbero essere attribuite ai rallentamenti della produzione.

7.3. Il sistema MES nell'area grezzo frontali

Durante il mio percorso di tirocinio all'interno dello stabilimento produttivo di Lauriano, mi sono occupato principalmente della gestione ed implementazione del *Manufacturing Execution System* (MES) aziendale in ottica di digitalizzazione industriale. Il sistema consente di effettuare controlli mirati sulla produzione tramite la raccolta dei dati di controllo, come la posizione nel reparto dell'ordine di produzione, lo stato di completamento, la quantità delle risorse utilizzate ed i ritardi nella produzione stessa, tutte informazioni utili per effettuare verifiche di coerenza tra la programmazione e la produzione effettiva.

Il mio contributo è stato significativo per creare un sistema dove poter estrarre dati utili a verificare anomalie del processo produttivo e riportarlo ad un livello di coerenza per raggiungere i target aziendali. Inoltre, mi sono concentrato sulla verifica della rispondenza dei risultati dei controlli agli standard definiti, soffermandomi sugli aspetti di priorità, capacità produttiva e *scheduling*³¹.

Facendo riferimento all'implementazione del sistema MES, le principali attività svolte sono state:

- Formazione specifica sull'utilizzo del sistema MES aziendale
- Programmazione ed installazione dei *device* per consentire l'interazione con il sistema MES
- Creazione di apposita documentazione di formazione (SOP)
- Creazione delle utenze e relative abilitazioni
- *Training on the job*
- Risoluzione di anomalie
- Rilevamento ed analisi dei dati mancanti
- Sviluppi e proposte di miglioramento del sistema

In particolare, il sistema MES aziendale è strutturato sottoforma di *app web*, accessibile solo tramite rete aziendale interna. Per accedere al sistema è necessario essere dotati di credenziali personali. Ad ogni utenza sono associate delle specifiche abilitazioni in base all'area di lavoro e alla tipologia di lavorazione che deve svolgere. Per abilitare correttamente tutte le utenze è stata presa come riferimento la *Skill Matrix* aziendale con il dettaglio delle competenze di ogni dipendente. In questo modo è stato possibile abilitare tutti gli user a seconda delle possibili mansioni che sono chiamati a svolgere.

Le tipologie di user si dividono principalmente in tre *clusters*: *operator*, *supervisor* e *manager*.

Operator: abilitazioni standard per lo svolgimento delle principali attività di tracciabilità degli ordini di produzione (avvio-completa dell'ordine di lavoro, segnalazione difettosità e scarti, avanzamento della fase di produzione). Le principali attività svolte dagli *users* di tipo "*operator*" riguardano la tracciabilità degli ordini di produzione. In particolare, su ogni risorsa/linea produttiva è stato installato un tablet, *device* che consente di interagire con il sistema MES. Ogni utente, ad inizio turno, esegue il *login* sull'*app web*, successivamente seleziona l'area produttiva nella quale sta lavorando e dichiara le risorse che gli sono state assegnate dal capoturno. A questo punto è possibile scansionare il codice a barre presente sull'ordine di produzione e, in automatico, il sistema è in grado di riconoscere tutti i dati presenti nel sistema ERP, come modello, calibro e quantità. L'operatore può visualizzare tutti i documenti connessi all'ordine di produzione scansionato e la foto dell'occhiale finito, informazioni estremamente utili e sempre a disposizione della produzione. Inoltre, tramite un'apposita funzionalità,

³¹ "*Scheduling*: In ambito economico e aziendale, fase di programmazione del ciclo produttivo che consente di ottenere una ottimizzazione della produzione e una consistente riduzione dei costi." (Treccani, 2014)

è possibile segnalare all'operatore alcuni messaggi di attenzione relativamente all'operazione che deve essere effettuata.

Nel momento in cui l'operatore inizia effettivamente la lavorazione del primo pezzo dello specifico ordine comunica l'avvio della produzione a sistema. Una volta terminata l'intera quantità descritta nell'ordine di produzione, l'operatore dichiara il completamento della lavorazione e, qualora fossero presenti eventuali scarti o difettosità riscontrati durante la produzione, è tenuto a segnalarli a sistema con la relativa causale di scarto. Sulle macchine connesse in rete e in grado di comunicare lo stato macchina³² a sistema, il MES registra tutti i cambi di stato macchina e, qualora il fermo macchina risultasse essere superiore ai 5 minuti, invia un messaggio pop-up visibile sul tablet, in cui viene richiesto di giustificare il fermo macchina con la specifica causale di fermo.

Supervisor: abilitazioni standard + programmazione della produzione. Tipologia di utenza riservata ai capitulo ed ai *team leader* con visibilità su più aree di lavoro. Consente l'utilizzo di specifici *tool* progettati per la schedulazione e la gestione della produzione in termini operativi: assegnazione e preassegnazione degli ordini alle singole risorse, monitoraggio della produzione su tutte le risorse dell'area selezionata, conferma/storno difettosità e scarti, avanzamento fase e *milestone*. Tutti gli *users* di tipo "*supervisor*" sono abilitati ad assegnare in anticipo gli ordini di produzione ad una specifica risorsa. In questo modo si effettua una vera e propria schedulazione della produzione.

Manager: abilitazioni *supervisor* + gestione utenti (creazione utenze e modifiche ai *tools*)

Per consentire la corretta implementazione del sistema MES, a seguito della creazione delle utenze, ho provveduto ad effettuare una formazione mirata agli operatori, ai capitulo e ai rispettivi responsabili. Nello specifico ho realizzato le SOP (*Standard Operating Procedures*), documenti ufficiali di formazione, in cui sono state riportate tutte le indicazioni e le procedure da eseguire per permettere l'utilizzo del sistema. All'interno delle SOP sono state inserite immagini per spiegare ogni singolo passaggio nella miglior forma rappresentativa.

Al fine di monitorare l'andamento dell'effettivo utilizzo del MES è stato preso come riferimento il parametro della % KAI.

$$\% KAI = \frac{\text{Fasi di lavoro processate in MES}}{\text{Fasi di lavoro previste da ciclo di lavoro}}$$

Il KAI rappresenta la percentuale di utilizzo del MES calcolata come rapporto tra le fasi di lavoro che effettivamente sono state tracciate in MES, ovvero tutte le fasi di lavoro che hanno subito un avvio-completa, e le fasi presenti nel ciclo di lavoro. Quest'ultimo dato è presente nel sistema ERP, nel dettaglio il calcolo avviene a seguito dell'avanzamento della milestone successiva alle fasi di lavoro. Il sistema ERP traccia le milestone e dai cicli di lavoro registrati a sistema si ottengono tutte le fasi che teoricamente dovrebbero essere state tracciate in MES.

³² Esistono tre principali stati macchina: produttivo (quando la risorsa è attiva); stand-by (quando la risorsa è ferma); disabilitato (quando la risorsa è completamente spenta)

A seguito del periodo di formazione iniziale sono state implementate le nuove funzionalità, fino a raggiungere una percentuale di utilizzo superiore al 90%, traducibile in una corretta tracciabilità di più del 90% delle singole fasi di manodopera all'intero dell'area grezzo frontali.

OEE

L'implementazione del sistema MES ha consentito di gestire tutti i dati inerenti al calcolo dell'OEE. In particolare, per le risorse collegate in rete, è possibile monitorare i dati necessari al calcolo dei tre fattori.

- **Availability:** il tempo produttivo pianificato è reso disponibile a sistema tramite la gestione del calendario MES per le risorse produttive. Ogni responsabile della produzione gestisce, in collaborazione con il team di pianifica, il tempo produttivo pianificato di ogni singola risorsa definendo le ore di lavoro a calendario. Tutti gli interventi di manutenzione preventiva e pianificata vengono rimossi in anticipo da calendario, ipotizzando il tempo di intervento in base allo storico. Tutti i fermi macchina vengono registrati a sistema tramite la comunicazione diretta dello stato macchina al sistema MES. Se il fermo macchina supera i cinque minuti, l'operatore è tenuto a giustificare il fermo con la specifica causale, da scegliere tra una serie di causali presenti a sistema. Quindi il tempo produttivo effettivo è calcolato come differenza tra il tempo produttivo pianificato a calendario e le ore di fermo macchina registrate a sistema.
- **Performance:** il fattore delle *performance* è influenzato da due principali indicatori: efficienza produttiva e microfermate. L'efficienza della risorsa è calcolata come confronto tra il tempo ciclo effettivo e il tempo ciclo target. Quest'ultimo è un dato registrato nel sistema ERP all'interno del ciclo di lavoro, in corrispondenza della singola fase di manodopera. Il tempo target viene rilevato e registrato per la prima volta a sistema in fase di collaudo del modello, successivamente il tempo ciclo viene monitorato durante la produzione dei primi lotti e può essere aggiornato a sistema per eventuali considerazioni qualitative, riscontrabili esclusivamente a seguito del rilascio in produzione. Il tempo effettivo, detto tempo *actual*, è rilevato dalla stessa risorsa produttiva e comunicato a sistema MES tramite la lettura del parametro di riferimento associato al tempo ciclo. Quindi è possibile confrontare il tempo effettivamente impiegato per produrre ogni singolo pezzo di un determinato modello rispetto al tempo *target*, ottenendo la percentuale di *performance* pura. Infine, è necessario considerare le microfermate, ovvero tutte le fermate inferiori ai 5 minuti, che vengono registrate a sistema e che impattano sulla *performance* della risorsa.
- **Quality:** gli operatori dichiarano le difettosità e gli scarti rilevati sulla specifica risorsa. La segnalazione può avvenire sia durante la lavorazione stessa, attraverso un'apposita funzione che consente di dichiarare gli scarti in fase, sia al completamento della lavorazione di manodopera, in cui gli operatori sono tenuti ad indicare gli eventuali scarti con le relative causali. La percentuale di qualità è calcolata come rapporto tra i pezzi conformi e l'intera quantità processata.

I dati dell'OEE sono rappresentati attraverso dei report specifici che esprimono i dati in formato grafico. In particolare, è possibile visualizzare tutti i dati riferiti ai fermi macchina, con le relative causali di fermo, rappresentante con il diagramma di Pareto. Tale rappresentazione risulta essere molto significativa e consente di analizzare nel dettaglio le principali causali di perdita di disponibilità macchina, definendo delle priorità per le azioni correttive.

Nel caso specifico, a seguito dell'analisi e del monitoraggio dei dati per un periodo di tempo significativo, è emerso che una delle principali causali di fermo macchina registrate a sistema è imputabile alle operazioni di setup. Queste ultime risultano essere anche la principale causa di scarto dichiarata a sistema.

Il dato conferma le supposizioni effettuate in precedenza in merito alla gestione della produzione AS-WAS, evidenziando la necessità di migliorare la logica di schedulazione per limitare il numero di attrezzaggi.

7.4. Implementazione della logica Pull nell'area grezzo frontali

Per consentire l'introduzione di una logica di produzione di tipo *Pull* è stato necessario modificare l'intero *layout* del magazzino del taglio. In particolare, il principale vincolo produttivo presente in quest'area riguardava la gestione e lo smistamento delle lastre e dei fogli di plastica sui carrelli di movimentazione. Infatti, come descritto precedentemente nel *capitolo 7.2.2*, la creazione delle liste di produzione con suddivisione anticipata delle plastiche da processare nei relativi turni di lavoro, obbligava una gestione di tipo *Push*, dal taglio in avanti.

Quindi è stato progettato un apposito carrello (*vedi Figura 102*) in grado di contenere tutte le plastiche da processare in una intera giornata lavorativa, in modo tale da consentire il prelievo dei fogli e delle lastre in acetato a seconda delle esigenze produttive e non più per suddivisione anticipata sui tre turni di lavoro.



Figura 102 - Nuovo carrello di movimentazione dei fogli in acetato

Per facilitare la gestione e l'individuazione dei materiali nei diversi scomparti del carrello, è stato implementato un sistema *Pick to light*, sviluppato da Smiro System, simile all'applicativo per la gestione delle attrezzature di meniscatura. Il nuovo sistema di gestione delle plastiche consente di individuare facilmente i fogli e le lastre in acetato, con la possibilità di prelevare le plastiche secondo un ordine logico e in base alle esigenze produttive dei centri di lavoro a valle, in particolare il centro di lavoro di fresatura per esterni.

Il flusso operativo prevede che alla ricezione dei materiali provenienti dal magazzino centrale di Sedico, i fogli e le lastre di acetato vengano smistate su un singolo carrello, tracciando il codice di materiale e la rispettiva posizione sul carrello di movimentazione.

Il magazziniere effettua il login al sistema, interagendo con un tablet (*vedi figura 103*).



The screenshot shows a login interface with a grey background. At the top center, the word "LOGIN" is displayed in bold black text. Below it is a horizontal line. The form contains two input fields: "Nome utente:" followed by a white rectangular box, and "Password:" followed by another white rectangular box. Below these fields is a rounded rectangular button labeled "LOGIN". In the bottom left corner, there is a gear icon. In the bottom right corner, the "EssilorLuxottica" logo is displayed in bold black text, with the version number "1.0.3.0" in smaller text below it.

Figura 103 - Login applicazione Pick to light plastiche

Il sistema, tramite un'interfaccia semplice ed intuitiva, richiede l'inserimento del codice della plastica da depositare (*vedi figura 104*).



The screenshot shows a search interface with a grey background. At the top center, the text "RICERCA PLASTICA" is displayed in bold black text. Below it is a horizontal line. The screen is titled "Magazziniere" in the top left. The main instruction is "Inserire codice plastica od una parte di esso". Below this is a white rectangular input field followed by a rounded rectangular button labeled "CERCA". In the bottom left corner, there is a rounded rectangular button labeled "INDIETRO". In the bottom right corner, the "EssilorLuxottica" logo is displayed in bold black text, with the version number "1.0.3.0" in smaller text below it.

Figura 104 - Scheda home magazziniere applicazione Pick to light plastiche

Quindi il magazziniere scansiona il codice a barre presente sull'etichetta di tracciabilità del materiale stesso e il sistema conferma la lettura del codice (vedi Figura 105).



Figura 105 - Lettura codice plastica applicazione Pick to light plastiche

Una volta scansionato il codice plastica esso deve essere associato al rispettivo tag luminoso (vedi Figura 67) in corrispondenza dello scomparto nel quale si desidera depositare la plastica. Quindi il magazziniere scansiona il codice a barre riportato sul tag (vedi Figura 106) e il sistema conferma l'associazione codice plastica – tag luminoso.



Figura 106 - Associazione codice plastica - tag luminoso, applicazione Pick to light plastiche

A questo punto il magazziniere procede con il caricamento fisico delle plastiche sul carrello in corrispondenza dello scomparto indicato. L'operazione viene ripetuta fino al completo smistamento di tutte le plastiche necessarie per la produzione giornaliera.

Scansionando più volte lo stesso codice plastica il sistema segnala un errore e comunica che il codice plastica è già stato associato ad un tag luminoso. Qualora si trattasse di una dimenticanza del magazziniere il sistema comunica l'esatta posizione della plastica (nell'esempio riportato in *Figura 107* lo scomparto 1 [S1] del carrello 1 [C1]), per indicare la posizione in cui caricare i fogli e le lastre della stessa tipologia. Qualora, invece, il magazziniere avesse la necessità di depositare la stessa plastica su più scomparti è possibile associare lo stesso codice plastica a due tag differenti, cliccando su "AGGIUNGI" (*vedi figura 107*).

RICERCA PLASTICA

Magazziniere

Inserire codice plastica od una parte di esso

CERCA

PLASTICA [1PLS1483075] GIA' ASSOCIATA IN POSIZIONE:
C1-S1

GIA' ASSOCIATO

INDIETRO **AGGIUNGI** **EssilorLuxottica**

1.0.3.0

Figura 107 - Codice plastica già associato applicazione Pick to light plastiche

Il sistema richiede la scansione del nuovo tag luminoso al quale vuole essere associata la stessa plastica e confermerà l'avvenuta associazione.

L'operatore, sempre tramite il tablet, esegue il login a sistema (vedi Figura 108).

LOGIN

Nome utente:
Operatore

Password:
●●●●●●●●●●

LOGIN



EssilorLuxottica

1.0.3.0

Figura 108 - Login operatore applicazione Pick to light plastiche

Il sistema mostra l'elenco di tutte le plastiche che sono state depositate, con la relativa posizione (vedi Figura 109).

RICERCA PLASTICHE

Operatore

Inserire il codice plastica

CERCA

Tocca il modello desiderato

1PLO20M080R
C1-S1

1PLS1483075
C1-S1

1PLS31M080
C1-S1

1PLY0457080R
C1-S1

INDIETRO

EssilorLuxottica

1.0.3.0

Figura 109 - Scheda home operatore applicazione Pick to light plastiche

Quindi l'operatore, scrollando elenco, può selezionare il *box* in corrispondenza della plastica da prelevare, oppure può inserire il codice della plastica o parte di esso (*vedi Figura 110*). Il sistema filtra i codici plastica associati sulla base della ricerca effettuata.

RICERCA PLASTICHE

Operatore

Inserire il codice plastica

3961 **CERCA**

Tocca il modello desiderato

1PLM3961080
C1-S2

INDIETRO

EssilorLuxottica

1.0.3.0

Figura 110 - Ricerca plastica applicazione Pick to light plastiche

Cliccando sul box in corrispondenza della plastica da prelevare, il sistema mostra tutte le informazioni necessarie, come il carrello (C1) e lo scomparto (S2) da cui prelevare la plastica (*vedi Figura 111*). Contemporaneamente la *base station* invia il segnale in radio frequenza al tag di riferimento, il quale lampeggia per 10 secondi, evidenziando la posizione di interesse.

**LA PLASTICA SI TROVA IN:
C1-S2**

Operatore

La luce sta indicando il cassetto (TAG: 00017047)

ILLUMINA NUOVAMENTE

Preleva
1PLM3961080
POSIZIONE
C1-S2

Conferma l'operazione

FINE LASTRE

INDIETRO

EssilorLuxottica

1.0.3.0

Figura 111 - Informazioni prelievo plastica applicazione Pick to light plastiche

Qualora l'operatore non riuscisse a visualizzare immediatamente il tag, ha la possibilità di far illuminare nuovamente il tag cliccando sull'apposito tasto "ILLUMINA NUOVAMENTE" (vedi Figura 111).

Una volta prelevati tutti i fogli e le lastre di plastica presenti in uno specifico scomparto, l'operatore è tenuto a segnalare il termine delle plastiche cliccando su "FINE LASTRE". Il *database* viene aggiornato e il sistema comunica il successo del prelievo tramite un messaggio (vedi Figura 112).



Figura 112 - Fine lastre applicazione Pick to light plastiche

La nuova metodologia consente di gestire le plastiche in maniera *stand alone*, permettendo il prelievo della specifica plastica secondo un ordine ben preciso e non più secondo il posizionamento sui carrelli di movimentazione. Inoltre, il sistema *Pick to light*, sviluppato dall'azienda *Smiro System*, consente di individuare in maniere immediata le plastiche sul carrello, facilitandone la gestione.

Mentre nella gestione *AS-WAS* era molto difficoltoso gestire i singoli fogli di acetato in maniera puntuale e precisa, il nuovo sistema consente di tracciarne la posizione esatta, permettendo di gestirli secondo le reali esigenze produttive.

Una volta smarcato il punto inerente alla gestione dei fogli di plastica, si è reso necessario implementare un metodo innovativo che consentisse di implementare la logica di produzione di tipo *Pull*, dall'area di fresatura esterni al taglio, cambiando radicalmente la gestione della produzione nell'area del grezzo frontali.

Lo sviluppo del sistema MES aziendale ha introdotto nuovi strumenti in grado di digitalizzare le soluzioni gestionali utilizzate fino ad allora.

Tra gli strumenti messi a disposizione dei capituono e dei team leader è necessario menzionare i principali:

- **Shop floor synoptic**: sinottico che consente di monitorare la situazione dell'intero reparto sotto forma di *layout* fisico. Tale funzione rappresenta tutte risorse dell'area di interesse con le principali informazioni inerenti al modello attualmente in lavorazione, i pezzi in lavorazione e lo stato di completamento dell'ordine. Lo strumento fornisce una vista generica sull'intera area di lavoro. Nello specifico, tutte le risorse collegate in rete sono in grado di comunicare gli stati della macchina al sistema MES, che sullo *shop floor synoptic* vengono tradotti in colori differenti per consentire di riconoscere immediatamente lo stato della risorsa.
- **Tabular synoptic**: sinottico tabellare digitalizzato (vedi Figura 113). Replica la logica della situazione cartacea, ma consente ai capituono di monitorare la produzione delle singole risorse in tempo reale. Inoltre, la schermata consente di verificare la presenza di altri ordini di produzione dello stesso modello, attualmente in lavorazione, presenti in WIP. Il dato nella colonna "Ora cambio previsto" è calcolato come tempo previsto di fine lavorazione rispetto ai pezzi assegnati alla risorsa, considerando il tempo ciclo di produzione.

Risorsa	Modello attuale	Calibro	WIP Fresatura esterni	WIP Fresatura interni	WIP Incollaggio	WIP Taglio	Ora cambio previsto	Modello successivo
Risorsa 1	Modello 1	54	calibro 54: 500 pz calibro 52: 600 pz			calibro 54: 500 pz calibro 52: 600 pz	Data - ora	Modello 20
Risorsa 2	Modello 2	50		calibro 50: 200 pz calibro 52: 600 pz	calibro 50: 200 pz		Data - ora	Modello 22
Risorsa 3	Modello 3	51			calibro 54: 500 pz calibro 52: 600 pz		Data - ora	Modello 3 calibro 54
Risorsa 4	Modello 4	54		calibro 54: 500 pz			Data - ora	Modello 8
Risorsa 5	Modello 5	54				calibro 54: 500 pz calibro 52: 600 pz	Data - ora	Modello 25

Figura 113 - Esempio Tabular Synoptic

Per le risorse connesse in rete il tempo ciclo può essere "actual", quindi comunicato direttamente dalla macchina al sistema MES (dato effettivo) oppure "target" registrato a sistema ERP per tutte le altre risorse. Tramite l'informazione del tempo ciclo e degli ordini di produzione in termini di quantità di pezzi dello stesso modello assegnati alla risorsa, è possibile calcolare in maniera puntuale la previsione dell'autonomia della risorsa stessa. Mentre nella gestione *AS-WAS* i capituono erano costretti a calcolare in maniera sommaria ed approssimativa l'orario di cambio previsto, il sistema è in grado di fornire i dati puntuali, utili per eseguire una corretta schedulazione della produzione.

Quindi, tramite il sistema MES, si ha la possibilità di tracciare tutti gli ordini di produzione all'interno dello stabilimento, anche per gestire la produzione in logica *Pull*. In particolare, capituono schedulano la produzione prendendo le risorse dell'area di fresatura esterni come riferimento, assegnando i singoli ordini di produzione alle rispettive risorse, in modo tale da calcolare i carichi macchina.

Il *tabular synoptic* consente di visualizzare l'intero WIP, rispetto alla risorsa sulla quale è attualmente in lavorazione uno specifico modello; quindi, si ha la possibilità di pre-assegnare gli ordini di produzione presenti nei centri di lavoro precedenti (interni, incollaggio e taglio) al fine di schedulare in anticipo tutta la produzione. In questo modo si attiva un meccanismo di tipo *kanban* che consente di gestire la produzione secondo le priorità, definite in base al tempo di autonomia calcolato sulle risorse di fresatura esterni. Le lavorazioni dei centri di lavoro a monte saranno effettuate esclusivamente quando richiesto dal centro di lavoro a valle, a seconda dell'autonomia delle risorse (vedi Figura 114).

Nei centri di lavoro a monte (interni, incollaggio e taglio) gli operatori hanno la possibilità di visualizzare l'elenco degli ordini pre-assegnati alle risorse a valle, in ordine di priorità secondo la minor autonomia (ordine decrescente). Il sistema comunica la sequenza degli ordini dando la priorità agli ordini di produzione dei modelli per i quali si rileva la minor autonomia sulle risorse degli esterni.

Il calcolo dell'autonomia è riportato in ore e si basa sulla logica seguente:

- Interni: autonomia calcolata considerando il WIP agli esterni (somma dei pezzi degli ordini di produzione associati allo specifico modello in lavorazione agli esterni e dei pezzi degli ordini dello specifico modello assegnati alla risorsa degli esterni, il tutto moltiplicato per il tempo ciclo della lavorazione degli esterni registrato a sistema).
- Incollaggio: autonomia calcolata considerando il WIP del modello dagli esterni fino agli interni
- Taglio: autonomia calcolata considerando il WIP del modello dagli esterni fino all'incollaggio

L'obiettivo è quello di limitare il numero di attrezzaggi sulle risorse critiche, garantendo una alimentazione continua.

La combinazione del sistema *Pick to light* del magazzino plastiche e l'introduzione del sistema MES nell'area del grezzo frontali hanno permesso di rivoluzionare l'intero sistema gestionale. Il nuovo flusso, rappresentato in Figura 114, descrive l'applicazione pratica di una logica di produzione di tipo *Pull*. Si noti come il flusso decisionale sia definito dai responsabili dell'area di fresatura esterni, centro di lavoro critico, che schedulano la produzione secondo le esigenze produttive, utilizzando le funzioni presenti nel sistema MES aziendale per attivare le richieste di produzione ai centri di lavoro a monte (interni, incollaggio e taglio).

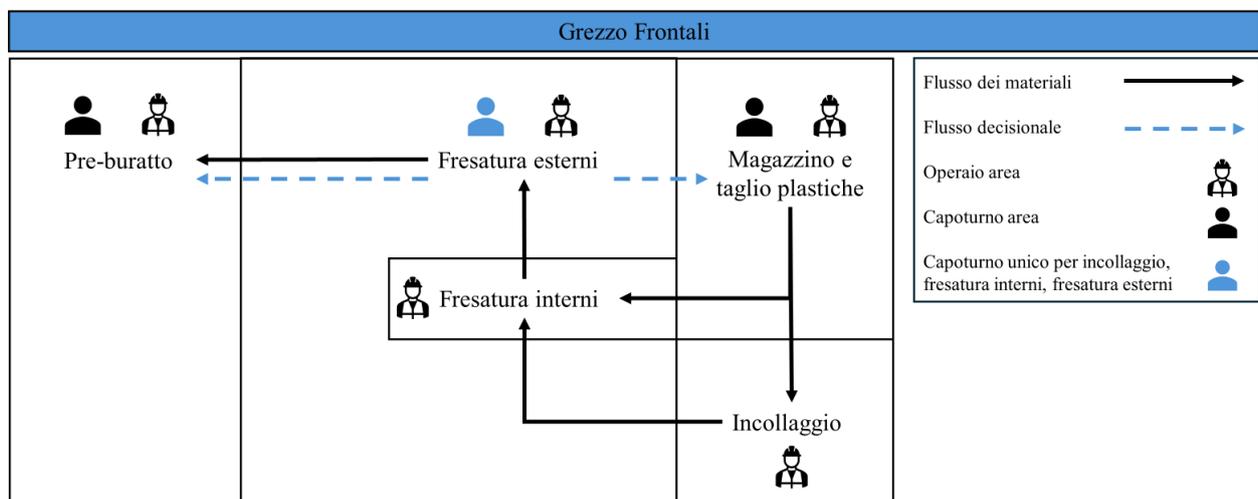


Figura 114 - Gestione della produzione area grezzo frontali (DOPO)

7.5. Risultati e conclusioni

L'implementazione del sistema MES, con le relative funzioni messe a disposizione della produzione, ha permesso di rivoluzionare radicalmente la logica di produzione nell'area del grezzo frontali trasformando la precedente logica di tipo *Push* in una gestione della produzione di tipo *Pull*.

In ottica di *digital transformation* e *lean manufacturing* è stato scritto un nuovo capitolo per lo stabilimento produttivo di Lauriano: dall'utilizzo di modelli Excel si è passati ad un sistema strutturato ed in grado di gestire tutti i dati utili in tempo reale, fornendo tutte le informazioni necessarie per poter pianificare al meglio la produzione.

Il parametro OEE, grazie al sistema MES, è diventato uno dei principali KPI di riferimento.

Tramite l'utilizzo del nuovo sistema informativo sono stati registrati molteplici benefici, resi evidenti dall'aumento sia della capacità produttiva, sia dell'efficienza dell'area in esame.

In particolare, si riscontrano i seguenti risultati:

- Riduzione del 15% del numero di cambi macchina medi al giorno
- Riduzione del 15% di pezzi di scarto per setup
- Riduzione del 17% del costo complessivo di materiali indiretti per espansibili

Dati che pongono l'attenzione sull'importanza delle attività gestionali svolte in produzione e rendono merito alle logiche implementate.

All'interno dello stabilimento di Lauriano, il sistema MES sta diventando lo strumento più efficace per gestire al meglio la produzione, per cui è già in atto l'estensione sull'intero *plant*, con l'obiettivo di raggiungere la completa copertura e la *full adoption* del sistema.

La logica gestionale introdotta sull'area grezzo frontali è facilmente scalabile anche al grezzo aste e, con differenti *effort*, è replicabile anche in specifiche aree della finitura.

In conclusione, l'intraprendenza e lo spirito di iniziativa sono stati degli ingredienti di fondamentale importanza, che hanno contribuito in modo significativo al raggiungimento del risultato atteso. Dall'analisi delle criticità del reparto sono emersi molteplici spunti di miglioramento e tutte queste opportunità si sono concretizzate con l'attuazione delle attività descritte.

Il reparto ha concretamente beneficiato dei nuovi strumenti introdotti: i risultati più eclatanti riguardano sicuramente la riduzione del numero di attrezzaggi medi, ma il vero cambiamento e il punto di svolta è rappresentato dall'implementazione concreta di una nuova logica produttiva e di metodi gestionali riconducibili alla *lean manufacturing*, che vanno oltre la risoluzione delle anomalie di attività pratiche e quotidiane di reparto.

La filosofia e le logiche che hanno guidato il cambiamento sono state apprese e condivise appieno dall'intero *plant*, seminando un'idea che è già sbocciata in un'infinità di iniziative.

8. Bibliografia

- Treccani (2014). Occhiali da vista. Enciclopedia Treccani. Enciclopedia on line. <https://www.treccani.it/enciclopedia/occhiali/>
- Smith, J. P. III. (2022). A Brief History of Spectacles. American Academy of Ophthalmology.
- Ray-Ban. (2023). RB3025 UNISEX aviator classic. Ray-Ban Italia. <https://www.ray-ban.com/italy/occhiali-da-sole/RB3025+UNISEX+aviator+classic-oro/805289004783>
- Casadei, C. (2023, luglio). Occhialeria, NEL 2022 produzione oltre 5 miliardi (+22%). Per il 2023 cauto ottimismo. Il Sole 24 Ore. https://www.ilsole24ore.com/art/occhialeria-2022-produzione-oltre-5-miliardi-22percento-il-2023-cauto-ottimismo-AEOQGszD?refresh_ce&nof
- Di Tommaso, M.R., & Rubini, L. (2012). Made in Italy. Dizionario di Economia e Finanza. Enciclopedia Treccani.
- EssilorLuxottica, 2022, Universal Registration Document 2022, (<https://www.essilorluxottica.com/it/cap/content/55434/>)
- EssilorLuxottica and Euromonitor data, 2022, EssilorLuxottica and Euromonitor data at Historic & Forecast Constant 2022 Prices, Historic & Forecast Fixed 2022 Exchange Rates.
- Treccani (2010). Miopia. Dizionario di Medicina. Enciclopedia Treccani. [https://www.treccani.it/enciclopedia/miopia_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/miopia_(Enciclopedia-Italiana)/)
- Treccani (2010). Presbiopia. Dizionario di Medicina. Enciclopedia Treccani. <https://www.treccani.it/enciclopedia/presbiopia/>
- Treccani (2012). Acquisizione. Dizionario di Economia e Finanza. Enciclopedia Treccani. <https://www.treccani.it/vocabolario/acquisizione/>
- Cirone, L. (2023). Occhialeria. Italian Trade Agency (2023) <https://www.ice.it/it/settori/sistema-moda-e-persona/occhialeria>
- EssilorLuxottica & Moncler, (2023). EssilorLuxottica e Moncler annunciano un accordo di licenza esclusiva, Comunicato stampa <https://www.essilorluxottica.com/cap/content/153812/>
- Sirilli, G. (1994). Ricerca e Sviluppo. Enciclopedia Italiana Treccani – V appendice.
- Persol. (2023). <https://www.persol.com/italy/history>
- Mazzucchelli 1849. (2016). <https://www.mazzucchelli1849.it/>
- Longsun. (2016). <https://italian.silveralloycontacts.com/>
- Gibaplast (2023). <https://www.gibaplast.eu/>
- Antos (2018). I KPI di efficienza per controllare la produzione. Antos business tools. <https://www.antos.it/2018/07/31/kpi-efficienza-produzione/>
- Feld, W. M. (2000). Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them. CRC press.
- Treccani (1996). Set-up. Dizionario delle Scienze Fisiche. [https://www.treccani.it/enciclopedia/set-up_\(Dizionario-delle-Scienze-Fisiche\)/#](https://www.treccani.it/enciclopedia/set-up_(Dizionario-delle-Scienze-Fisiche)/#)
- De Toni, A. F., & Panizzolo, R. (2018). Sistemi di gestione della produzione. Isedi.

- Barbieri, A. (2021). Diagramma di Pareto: Guida Pratica. Headvisor Business Process Reengineering. <https://www.headvisor.it/diagramma-di-pareto>
- Ministero dello sviluppo economico (2018). Piano Industria 4.0. https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston consulting group, 9(1), 54-89.
- techcompany360.it. <https://www.techcompany360.it/tendenze/realta-aumentata-cose-come-funziona-e-come-usarla-in-azienda/>
- Atlassian, 2024. <https://www.atlassian.com/it/microservices/cloud-computing>
- Corno, F., & Torchiano, M. (2021). Sistemi Informativi Aziendali. Appunti per il corso – Capitolo 2: Definizione di sistema informativo. <https://softeng.polito.it/courses/02CIX/>
- DEGOS, J. G. (2016). Anthony RN (1965), Planning and Control Systems, a Framework for Analysis, Division of Research, Harvard Business School. Cossu C. (1989), Écarts et contrôle budgétaire, Paris, Vuibert. Dictionnaire historique de comptabilité des entreprises, 80.
- Council, S. C. (2007). SCOR model. www. supply-chain. org.
- capterra.it [https://www.capterra.it/glossary/435/sfc-shop-floor-control#:~:text=Lo%20Shop%20Floor%20Control%20\(SFC,ordini%20di%20lavoro%20di%20produzione\)](https://www.capterra.it/glossary/435/sfc-shop-floor-control#:~:text=Lo%20Shop%20Floor%20Control%20(SFC,ordini%20di%20lavoro%20di%20produzione))
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. Rawson Associates.
- Aretena (2017). <https://www.aretena.it/single-post/i-5-principi-del-lean-thinking>
- MESA (2004), MESA's Next Generation Collaborative MES Model, Manufacturing Enterprise Solutions Associations (MESA) White Paper 8, Pittsburgh
- AMR Research (1998), AMR's REPAC Model for Manufacturing Business Processes, AMR Research White Paper, Boston
- Bonfigli Consulting (2016). Lean World Class - Kaizen. <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/Kaizen#:~:text=Il%20significato%3A%20in%20giapponese%20Kaizen,%2C%20privata%2C%20sociale%2C%20professionale>
- Istituto Lean Management Italia (2021). <https://istitutolean.it/che-cos-e-lean/>
- Bonfigli Consulting (2016). Lean World Class – Principi. <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/principi/>
- Considi (2021). <https://www.considi.it/lean-thinking/>
- Treccani (2012). Spreco ed efficienza produttiva. Dizionario di Economia e Finanza. https://www.treccani.it/enciclopedia/spreco_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/
- Ohno, T. (2019). Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity press.
- www.sixsigmaperformance.it (2020). <https://www.sixsigmaperformance.it/muda.html>

- Patelli., S. (18 novembre 2020). MUDA Attesa. <https://www.headvisor.it/sites/default/files/pdf/muda-attesa-lean-production-headvisor.pdf>
- Patelli., S. (17 novembre 2020). MUDA: I 7 sprechi della produzione. <https://www.headvisor.it/sites/default/files/pdf/muda-7-sprechi-lean-production-headvisor.pdf>
- Patelli., S. (11 novembre 2020). MUDA Trasporti. <https://www.headvisor.it/muda-trasporti>
- Patelli., S. (18 novembre 2020). MUDA Sovrapproduzione. <https://www.headvisor.it/muda-sovrapproduzione>
- Patelli., S., (16 novembre 2020). MUDA Inventario: Lo spreco di Stock o scorte di inventario. <https://www.headvisor.it/sites/default/files/pdf/Headvisor-Muda-Inventario-Innovation-Manager-Change-Management.pdf>
- Micheli., A., (16 novembre 2020). MUDA Movimenti. <https://www.headvisor.it/muda-movimento>
- Patelli., S., (18 novembre 2020). MUDA Sovrapproduzione. <https://www.headvisor.it/muda-sovrapproduzione>
- Barucca., F., (2022). <https://www.produzioneagile.it/5s-visual-management/>
- Ildentistamoderno, (2017). <https://www.ildentistamoderno.com/materiali-efficienza-ed-efficacia-in-magazzino/>
- Utek, (2020). <https://www.utekvision.com/it/blog/tecnica-5s.html>
- Dotti., D., (2020). Metodo 5S – Le cinque fasi per mantenere l’ordine nella Lean Manufacturing. <https://www.headvisor.it/5s>
- Locicero., G., (2021). PDCA. <https://www.headvisor.it/pdca>
- Monden., Y., (1986). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, Norcross, Ga.:Engineering & Management Press.
- Shingo., S., (1985). A revolution in manufacturing: the SMED system, CRC Press.
- Goldratt., E.M., & Cox., J., (1984). The Goal, North River Press, Croton-on-Hudson, NY.
- Cox., III J., & Schleier., J., (2010). Theory of Constraints Handbook, McGrawHill, New York.
- Umble., M.M., Srikanth., M.L., (1990). Synchronous Manufacturing, South Wester Publishing Co.
- Bottegantiqua Occhiali. (2017). <https://www.bottegantiqua.com/laboratorio/>
- Torres Castro, J. C. (2018). Strumenti informatici associati alla parametrizzazione di processo come supporto al controllo della qualità (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).
- Patelli., S., (18 Agosto 2020). Gemba Walk efficace. Cos’è e come eseguirlo. <https://www.headvisor.it/lean-production-gemba-walk>
- Smiro System (2020). <https://www.smirosystem.com/>
- Treccani (1932). Fresa. Enciclopedia Italiana. <https://www.treccani.it/vocabolario/fresa/>
- Utensilstore (2024). Fresa a candela. <https://utensilstore.it/>
- FANUC (2024). <https://www.fanuc.eu/fr/fr/robo-drill-ib>

