



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

Applicazione della Lean Manufacturing per ottimizzare la logistica interna nell'ambito automotive

Application of Lean Manufacturing to optimize internal logistics in the automotive field

Relatore:

Ing. Maurizio Bevilacqua

Correlatore:

Luigi Piantanelli

Studente:

Luigi Albasini

A.A 2020/2021

Indice

1. Introduzione	1
1.1. Presentazione azienda CEBI	3
2. Contesto di ricerca	5
2.1. Lean Manufacturing.....	7
2.2. World Class Manufacturing	17
3. Logistica	23
3.1. Logistica di magazzino	30
3.2. Logistica di approvvigionamento linea.....	33
3.3. Logistica di linea.....	41
4. Caso CEBI	45
4.1. Layout magazzino materie prime MP1 e MP2.....	47
4.3. Layout magazzino prodotti finiti PF.....	55
4.4. Layout linee di produzione.....	60
4.4.1 Linea: SCS10.....	62
4.4.2. Linea: SERR5	66
4.4.3. Linea: SEC05	69
4.4.4. Linea: SERRG.....	75
5. To Be.....	78
5.1 Warehouse Management System (WMS).....	78
5.2. Approvvigionamento di linea	85
5.2.1. Automated Guided Vehicle (AGV).....	86
5.2.2. E-Kanban	89
6. Risultati.....	92
7. Conclusioni.....	94
Bibliografia	95

1. Introduzione

A partire dagli anni '80 del secolo scorso prende forma e successivamente si sviluppa, soprattutto in Giappone, l'idea che le aziende debbano avere come obiettivo principale la soddisfazione del cliente. La soddisfazione di quest'ultimo diviene il fulcro a cui le imprese devono tendere per riuscire ad espandersi e ad incrementare il proprio valore sul mercato. Questo modo di pensare si sposa perfettamente con quello sviluppato negli anni '70 da Taichii Ohono, padre del Lean Thinking. Il così detto pensiero snello basa la sua applicazione sul miglioramento continuo affinché vengano abbattuti i tempi e i costi, e vengano migliorati tutti i processi aziendali su cui esso viene applicato. Questo risultato è possibile grazie al coinvolgimento di tutte le persone che costituiscono la realtà produttiva delle imprese, a tutti i livelli, ognuno per le proprie competenze, tramite l'integrazione di sistemi e strutture che permettano la partecipazione attiva e flessibile all'interno della realtà produttiva.

Ad oggi moltissime aziende hanno già in parte applicato i principi del Lean Thinking riuscendo ad ottenere notevoli progressi che si rispecchiano con una maggior soddisfazione del cliente e in un notevole incremento dei profitti.

L'elaborato fa riferimento allo svolgimento di un periodo di tirocinio effettuato presso l'azienda "Cebi Group" leader mondiale nella produzione di componenti elettromeccanici, presso lo stabilimento di Osimo (An). Nello specifico il tirocinio è stato svolto nell'ufficio "Tempi e Metodi" che ha come scopo l'applicazione dei criteri della produzione snella ed il monitoraggio della loro efficacia ed efficienza ottenute all'interno del plant.

Lo svolgimento di questo elaborato si pone come obiettivo quello di illustrare l'applicazione del Lean Thinking e dei principi della World Class Manufacturing, sistema organizzativo volto al miglioramento continuo, che basa la scelta delle soluzioni da impiegare sul parametro costi/benefici. In particolare, in questo lavoro di tesi ci si è concentrati sullo studio di un pilastro tecnico del WCM, il pilastro di "Logistics & Customer Service" che ha il compito di sincronizzare la produzione con le richieste del cliente, minimizzando i costi legati alla movimentazione e gestione dei materiali.

Essendo la raccolta dati il punto zero del metodo, si è partiti dallo studio puntuale delle attività svolte in magazzino, partendo dalla gestione dei prodotti ricevuti, per poi procedere più nel dettaglio, verso le fasi del processo: si parte dall'osservazione e dal monitoraggio delle attuali

condizioni di gestione del materiale, si studia il processo di approvvigionamento delle singole linee, la gestione delle attrezzature utilizzate, i vincoli che dovranno essere mantenuti e rispettati e, in ultimo, con la collaborazione e la partecipazione degli operatori, si vanno a definire eventuali migliorie e variazioni del processo, che verranno applicate solo se si prevede un rapporto costi/benefici maggiore all'unità.

1.1. Presentazione azienda CEBI

Il gruppo “Cebi” è leader mondiale per la produzione di componenti elettromeccanici impiegati nell’industria automobilistica, nel settore degli elettrodomestici, della ventilazione e della mobilità elettrica. Il primo stabilimento del gruppo nasce in Lussemburgo nel 1976 con il nome di ELTH S.A. iniziando la propria attività con la progettazione di elementi elettromeccanici volti al mercato dell’autoveicolo e con la produzione di sistemi per la regolazione della temperatura negli elettrodomestici. Nello stesso periodo nasce in Svizzera uno stabilimento specializzato nella realizzazione di motori per sistemi di ventilazione industriale. Due anni più tardi venne costituita una sede del gruppo anche in Germania che divenne subito leader mondiale nella produzione di sistemi di lavaggio. Da fine anni ’80 il Gruppo Cebi si espande in tutto il mondo creando dapprima una sede commerciale in Francia e acquisendo uno stabilimento produttivo in Italia, a Lodi, che venne rinominato “Cebi Italy S.p.A.” e successivamente costituendo un ufficio commerciale in Inghilterra e acquisendo due stabilimenti produttivi in Italia. Di questi il primo a Padova, specializzato nella produzione di motori di piccola taglia per il mercato dell’automotive venne rinominato “Cebi motors S.p.A” mentre il secondo ad Ancona venne rinominato “Cebi italy S.p.A.” Il gruppo si espanse velocemente costituendo uffici commerciali e stabilimenti negli Stati Uniti, in Brasile, in Spagna e in Polonia. Nel 2005 venne realizzato uno stabilimento in Cina “Cebi Electromechanical Components Shanghai Co.Ltd” per supportare il mercato asiatico. Solo nel 2011 tutte le sedi vennero unificate sotto il nome di “Cebi International S.A.” Le ultime sedi sono state costituite in Messico e in Italia.

Attualmente, con più di 3000 dipendenti in tutto il mondo, il Gruppo “Cebi” conta 11 stabilimenti produttivi in 8 paesi diversi, conservando la sede centrale in Lussemburgo. Al fine di agevolare le relazioni con i clienti ed assicurare la copertura delle richieste di mercato, Cebi ha istituito 7 divisioni commerciali localizzate in tutto il mondo. Con questa organizzazione e distribuzione globale il gruppo genera 453 milioni di euro di fatturato.

I settori sui quali il gruppo Cebi è presente sul mercato sono:

- Settore automotive
- Settore elettrodomestico
- Ventilazione
- Veicoli elettrici

Il settore dell'Automotive apporta il 90% del fatturato con lo sviluppo di un ampio range di prodotti volti ad incrementare la sicurezza, le performance ed il comfort del guidatore. Con questa ampia varietà di componenti elettromeccanici Cebi fornisce il 95% delle case automobilistiche di tutto il mondo. Investendo circa il 7% dell'utile annuale nei dipartimenti di ricerca e sviluppo, è leader mondiale nella progettazione e produzione di sistemi lavacrystalli e lavafari, comprendente pompe, serbatoi e attuatori per il bocchettone di riempimento. Inoltre, nel mercato europeo, il Gruppo possiede la leadership nella produzione di sensori di temperatura e meccanismi di chiusura.

I pilastri su cui l'azienda si basa per essere leader del settore sono:

1. **Integrazione verticale:** molte operazioni di produzione all'interno del flusso di materiale vengono eseguite internamente (stampaggio, elettronica e tutte le attrezzature necessarie per le linee di assemblaggio).
2. **Automazione:** la maggior parte delle linee di assemblaggio appartenenti al Gruppo Cebi sono semiautomatiche o completamente automatiche. Tale tecnologia incrementa la produttività rendendo così più flessibile l'interno della struttura produttiva.
3. **Esperienza di lunga data:** la lunga esperienza e il know-how, consentono all'azienda di sviluppare prodotti di altissima qualità ed affidabilità.
4. **Innovazione:** Essendo uno dei leader mondiali nella produzione di componenti elettromeccanici per l'industria automobilistica e degli elettrodomestici, l'obiettivo aziendale è quello volto alla continua ricerca di miglioramento dei propri prodotti.
5. **Certificazioni:** Tutti gli impianti di produzione appartenenti al Gruppo cebi sono conformi agli standard:
 - ISO 9001: 2015: Gestione della qualità
 - IATF 16949: 2016: Gestione della qualità
 - ISO 14001: 2015: Gestione ambientale

2. Contesto di ricerca

L'obiettivo principale di ogni impresa è la soddisfazione del cliente, spesso raggiunta fornendo un prodotto di qualità, in tempi brevi e con costi ragionevoli. Le industrie sopravvivono se sono sufficientemente flessibili in modo tale da rispondere continuamente al bisogno dei clienti, aggiungendo così valore al prodotto. Una produzione snella e flessibile è ormai vitale in tutti i settori manifatturieri (automobilistico, elettronico, plastico, tessile, alimentare, stampaggio...) con lo scopo di eliminare sprechi correlati allo sforzo umano e al tempo di produzione. In questo modo, qualsiasi tipo di attività che non aggiunge alcun valore al prodotto finale viene ridotto o eliminato. Tale principio favorisce una riduzione dei costi, comportando un aumento della qualità del prodotto con incremento del profitto e massimizzazione del valore per il cliente [1]. Conseguentemente, tutti gli scarti saranno identificati, riconosciuti ed eliminati utilizzando strumenti e tecniche della Lean Manufacturing (LM). In tale contesto, uno dei concetti fondamentali è il valore definito per la prima volta dal punto di vista del cliente, ovvero ciò che il cliente è disposto a pagare affinché un certo bene o servizio possa soddisfare una determinata esigenza entro una determinata data, senza dimenticare però di comprendere nel prezzo il massimo profitto aziendale. È proprio per tale motivo che risulta particolarmente importante individuare le caratteristiche che creano valore. In primis ci sono le caratteristiche necessarie, che riguardano tutte quelle funzioni principali che il cliente presume siano presenti nel prodotto, il quale è costruito appositamente per soddisfare proprio queste caratteristiche. Le caratteristiche desiderate o volute sono, invece, tutte quelle richieste più specifiche e aggiuntive del cliente fondamentali per il successo e l'immagine del prodotto. Infine, le caratteristiche eccellenti sono tutte quelle che spesso il cliente non è a conoscenza e una volta scoperte sembreranno quasi scontate. L'individuazione di queste ultime richiede molta attenzione da parte dell'azienda e rappresentano tutte quelle caratteristiche del prodotto che, normalmente, precedono la successiva diffusione di massa su tutti i prodotti simili [2]. Il valore è strettamente correlato a quello che è il valore aggiunto ed al valore non aggiunto. Il valore aggiunto si riferisce, secondo il giudizio del cliente, all'attività che trasforma il prodotto ad uno stadio più completo, aumentandone di valore. Il termine non a valore aggiunto, invece, si riferisce a quelle attività che consumano tempo, materiale e/o spazio senza far migliorare il prodotto aumentandone il valore [3]. L'obiettivo delle aziende deve essere quello di riuscire ad eliminare o a ridurre, per quanto possibile, tutte quelle attività che non apportano valore aggiunto al cliente. L'individuazione di

queste attività di spreco o a non valore aggiunto devono essere individuate ed analizzate nel dettaglio per poter comprendere dove intervenire nel breve e successivamente nel lungo periodo. L'utilizzo delle tecniche della Lean Manufacturing permette di svolgere al meglio questo compito riuscendo ad individuare le inefficienze e sviluppando metodologie volte al miglioramento continuo.

2.1. Lean Manufacturing

Lean è la nuova sfida per le aziende ed organizzazioni per essere maggiormente competitivi e più veloci nella risposta del cliente. La Lean Manufacturing (LM) è inquadrabile come strategia che coinvolge tutta l'organizzazione partendo dal Business Plan aziendale con precisi obiettivi da raggiungere che si traducono in indicatori per lo shop floor. La LM è un sistema di eliminazione totale degli sprechi adatto a tutte le organizzazioni di ogni dimensione. Alla base della LM è presente una strategia operativa nota come il Lean Thinking. Tale strategia si pone come obiettivo l'abbattimento dei costi, ottenibile sia attraverso un miglioramento dell'efficienza e sia con la riduzione degli sprechi o per quanto possibile l'eliminazione di questi. Con ciò il cliente è posto al centro dell'azienda con l'identificazione dei suoi bisogni in modo da eliminare qualsiasi forma di spreco, creando valore e cercando di migliorarsi continuamente. L'attenzione al cliente è il punto di partenza ma anche il punto di arrivo di tutte le attività e delle azioni svolte dall'azienda nel riuscire a trasferire, per mezzo dei prodotti e servizi, il valore che il cliente si attende. Per riuscire ad incrementarlo è necessario che tutti i dipendenti, ad ogni livello aziendale contribuiscano a lavorare in un'unica direzione.

Il pensiero snello è un'evoluzione del Toyota Production System (TPS) che si sviluppò in Giappone durante la seconda metà del '900. Durante la crisi del petrolio che colpì l'economia globale nel 1973 la Toyota riuscì a crescere sotto la guida di Taichii Ohono il quale sviluppò il TPS e riuscì ad ottimizzare il flusso del prodotto attraverso l'intero processo con l'implementazione di alcune idee intelligenti ma soprattutto semplici, come la definizione della dimensione delle risorse produttive in base alla domanda effettiva.

Il termine Lean venne coniato da Womack, Jones e Ross nel libro "La macchina che ha cambiato il mondo" in cui per la prima volta vennero espressi gli elementi chiave del sistema produttivo giapponese. In questo trattato vennero inoltre riportati quelli che sono i principi del Lean Thinking [4]:

- **Identify Value.** Il primo passo è quello di andare a comprendere quelli che sono i bisogni del cliente. Quest'ultimo è il punto focale dell'azienda e per questo occorre andare ad individuare le attività che apportano valore. In questo modo è possibile ottenere un prodotto finito che rispetta le caratteristiche desiderate e che copra le esigenze del cliente.

• **Map the Value Stream.** L'identificazione del flusso di valore consiste nell'individuazione delle risorse, intese come personale, materiali e strumenti da impiegare, per accrescere il valore del servizio o prodotto che viene offerto al cliente. Per poter monitorare il flusso di valore ed eliminare tutte le attività che non servono, è necessario classificare tre categorie di attività differenti:

- *Attività che creano valore o a valore aggiunto (VA).* Tali attività rispecchiano il valore definito dal cliente, e sono tutte quelle attività per le quali il cliente è disposto a pagare. Solitamente la loro incidenza sul totale è bassa e per incrementarla è necessario ridurre le attività non a valore aggiunto e non necessarie ai fini produttivi.

- *Attività a non valore aggiunto (NVA).* Sono tutte quelle attività che non creano valore ma necessarie ai fini produttivi. Si tratta di sprechi che non possono essere eliminati ad oggi ma che potrebbero essere eliminati in futuro grazie al principio del miglioramento continuo.

- *Attività non necessarie ai fini produttivi e che non aggiungono alcun valore (W).* Sono le attività che corrispondono agli sprechi e sono quelle da eliminare il prima possibile.

• **Create Flow.** Dopo aver individuato il valore e aver differenziato le attività nelle tre diverse categorie precedentemente descritte è necessario creare un flusso di tutte quelle attività che apportano valore in modo che scorrano senza interruzioni.

• **Establish Pull.** Impostare l'attività secondo la logica Pull, ovvero solo quando il cliente lo richiede. Questo principio permette di ridurre i lotti e le giacenze in magazzino facendo in modo che venga acquisita la capacità di gestire, programmare e realizzare solo ciò che viene richiesto dal cliente e nel momento in cui lo richiede. L'obiettivo di questo principio è di sincronizzare la produzione e la fornitura con quella che è la richiesta del mercato.

• **Seek Perfection.** Inseguire la perfezione tramite un miglioramento continuo (KAIZEN). Quest'ultimo principio vuole incrementare l'efficienza seguendo la metodologia vista nei precedenti principi. Dopo aver individuato ed eliminato le attività che non generano valore e che non sono necessarie, il ciclo ricomincia per individuare nuovi sprechi a favore dell'efficienza.

Al fine di migliorare la gestione e l'ordine dell'ambiente lavorativo eliminando gli sprechi, viene utilizzata la metodologia Lean delle 5S:

- **Seiri:** La prima S è una regola fondamentale sui cui si basa l'intero approccio e viene tradotta con il termine separare. Lo scopo di questa regola è quello di dividere sul posto di lavoro tutto quello che è necessario da ciò che è superfluo. Nelle postazioni di lavoro spesso si trovano oggetti rimasti utilizzati in lavori passati ed ormai inutili, rendendo più complicata la ricerca di ciò di cui si ha veramente bisogno.
- **Seiton:** Lo scopo di questa attività è quello di organizzare e documentare il materiale presente sulla postazione di lavoro individuato nella precedente attività. Così facendo il materiale viene utilizzato e conservato permettendo di ridurre i tempi che possono portare ad arresti o a ritardi nella produzione.
- **Seiso:** Consiste nella pulizia e nell'ispezione dell'ambiente di lavoro, permettendo così la manutenzione preventiva delle risorse utilizzate. Seiso permette quindi di evitare e prevenire eventuali guasti ed infortuni.
- **Seiketsu:** Viene utilizzata per standardizzare ed uniformare quanto realizzato nelle precedenti in modo che si possano monitorare costantemente le attività da svolgere.
- **Shitsuke:** Può essere tradotta come disciplina. Il suo obiettivo è il mantenimento dei risultati raggiunti. Bisogna automatizzare le azioni stabilite dalle regole precedenti diventando un'ulteriore azione del processo produttivo.

Dall'analisi di questo metodo è possibile comprendere come le ultime due S, Seiketsu e Shitsuke hanno come scopo quello di standardizzare e migliorare le precedenti, che invece, sono più semplici da realizzare. Per garantire un corretto sviluppo del metodo presentato è quindi necessario monitorare i programmi di lavoro e cercare sempre di migliorare quei procedimenti che permettono di migliorare le attività da svolgere. I principali benefici ottenuti con questo metodo di lavoro consistono nell'aumento della produttività aziendale, nel miglioramento della qualità della produzione con una maggiore sicurezza dell'ambiente di lavoro ed una riduzione di guasti dovuti dall'assenza di ispezione dei macchinari utilizzati.

La LM è un insieme organico di tecniche (Figura 1) che vanno modulate ed adattate alla specifica realtà produttiva.

Coerentemente con tali principi, gli obiettivi principali della LM ricadono in:

- individuare le attività che generano valore per il cliente
- mappare il flusso del valore, minimizzare gli sprechi
- creare il flusso delle attività che generano valore
- fare in modo che il flusso sia tirato dal cliente
- adeguare la capacità produttiva al ritmo della domanda (takt time)
- minimizzare i tempi di set up tramite la tecnica Single Minute Exchange of Dies (SMED)
- abbattere il lead time di produzione
- ridurre al minimo le scorie di semilavorati
- introdurre controlli in processo e sistemi a prova di errore (poka-yoke)
- implementare sistemi di controllo visivo (visual management)
- attivare un ciclo di miglioramento continuo (kaizen)

Le tecniche della LM non implicano necessariamente l'esistenza di linee di produzione dedicate alle famiglie di prodotti, ma si possono applicare con successo anche in una organizzazione per reparti o isole. Alla Lean Production si affianca la Theory of Constraints (TOC) di Goldratt [5] capace di fornire indicazioni per la gestione delle risorse critiche. Il concetto del TOC sottolinea l'importanza del vincolo, che deve essere presente in ogni sistema aziendale. Il vincolo viene definito come tutto ciò che limita un sistema per raggiungere prestazioni più elevate e pertanto, l'esistenza di tale rappresenta opportunità di miglioramento. Infatti, contrariamente al pensiero tradizionale, il TOC considera i vincoli positivi poiché determinano le prestazioni di un sistema ed una graduale elevazione di essi comporta un miglioramento del sistema [6].

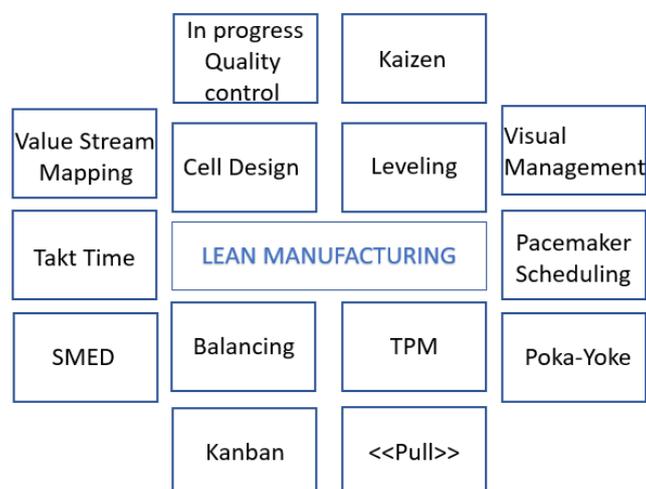


Figura 1. Insieme di tecniche della LM.

Tale teoria permette la creazione di un flusso virtuale anche nei contesti in cui è difficile creare un flusso continuo e risulta complementare alla Lean Production.

Tra le tecniche più antiche della LM vi è il Business Process Reengineering (BPR), descritto da Hammer e Champy come il riesame fondamentale e la riprogettazione radicale dei processi organizzativi per realizzare un miglioramento drastico delle attuali performance di costo, servizio e velocità [7]. Grazie a tale metodo si rilevano le inefficienze aziendali, ovvero tutte le cause che provocano la riduzione dell'efficienza e vengono individuati i principi per eliminare tali cause. Occorre dividere le inefficienze aziendali in due macro-tipologie:

- *Inefficienze di tipo organizzativo.* Sono legate ai maggiori costi derivanti da una non ottimale struttura organizzativa aziendale, come l'eccessiva scomposizione del flusso del valore tra diverse funzioni e reparti, perdendo così di vista l'obiettivo primo della soddisfazione del cliente.
- *Inefficienze di tipo produttivo.* Sono tipiche delle realtà aziendali imputabili al malfunzionamento della realtà produttiva, come perdita di tempo e di velocità.

Tale metodo viene spesso paragonato al metodo Kaizen favorendo un cambiamento radicale e richiedendo abilità manageriali nelle tecniche di cambiamento.

Le attività che non generano alcun valore per il cliente nei processi produttivi sono viste come sprechi e chiamati in giapponese MUDA. Taiichi Ohno ha riscontrato sette tipologie differenti di MUDA [8]:

- **Over Production:** La sovrapproduzione è uno degli sprechi più importanti nelle industrie che utilizzano la produzione tradizionale a lotti. In questa strategia produttiva il cliente non è centrale in quanto la produzione non si basa sulla domanda diretta dello stesso, comportando in questo modo, una grande quantità di rimanenze di prodotti finiti o semilavorati, in magazzino. Dal punto di vista Lean questo si traduce come un aumento di costi in eccesso, in un uso errato del posto di lavoro e in un eccessivo aumento dei tempi di produzione. Per questo motivo è necessario produrre solo ciò che viene richiesto dal cliente evitando in questo modo di andare a sprecare risorse fondamentali. Nella pratica per evitare di incorrere nella sovrapproduzione è possibile andare ad agire su alcuni principi di funzionamento quali:

- *Pianificazione della produzione:* Calcolando precisamente la quantità di prodotti da realizzare sulla base degli ordini ricevuti secondo l'ottica del *pull* per poter così pianificare i processi delle linee produttive.

- *Flessibilità dei processi:* I processi utilizzati devono essere progettati in modo da poter garantire un'ottima flessibilità in termini operativi per poter ridurre i costi e i tempi.

- *Controllo e stabilità dei processi*: Bisogna cercare di automatizzare il più possibile i processi operativi ottenendo così risultati stabili e ripetitivi nel tempo.

- *Efficienza della produzione*: Saper gestire tutte le risorse all'interno dell'impianto produttivo per aumentare l'efficienza della produzione.

Dal punto di vista del cliente l'eliminazione di questo spreco non si traduce in un valore aggiunto, ma il suo miglioramento permette alle aziende di concentrarsi su ciò che il cliente desidera risparmiando tempo e denaro secondo la visione della Lean Production.

• **Waiting**: Tutti i tempi di attesa non necessari al ciclo produttivo di fabbricazione del prodotto generano un'enorme quantità di spreco. Ciò che generano più frequentemente questa tipologia di spreco sono:

- Errori di sincronizzazione delle fasi di lavorazione.

- Ritardi, che possono comprendere sia i prodotti che le lavorazioni stesse o guasti improvvisi.

- Tempi morti causati dall'operatore.

Spesso questi tempi di attesa sono frutto di errori di progettazione o mancanza di personale formato per questo motivo andare a migliorare le cause che generano questi ritardi è difficile e costoso. Dal punto di vista del cliente i tempi di attesa nella produzione del bene o servizio vanno ad influenzare direttamente il tempo di consegna che risulta essere molto importante, pertanto, alle aziende conviene investire nella riduzione di questi tempi migliorando così la domanda del prodotto.

• **Transporting**: Questo spreco comprende tutte quelle operazioni di trasporto da un reparto ad un altro o da una posizione ad un'altra. Per cercare di eliminarlo bisogna andare ad analizzare il motivo per cui è necessario il trasporto potendo così intervenire se necessario, sul layout della linea. Facendo questo primo intervento di analisi si può successivamente andare ad ottimizzare il metodo di trasporto che può influire sui costi e sui tempi del prodotto finito.

• **Inventory**: Le scorte sono forse tra le più grandi cause di spreco all'interno delle industrie. Bisogna considerare attentamente l'opportunità di ridurre al minimo la presenza di materiali o semilavorati

evitando così un utilizzo eccessivo di spazio e un'immobilizzazione del capitale. Andando ad intervenire su questo tipo di spreco è possibile ridurre i costi e lo spazio disponibile che per il cliente si potrebbe tradurre come un miglioramento dei tempi di consegna e in alcuni casi in una riduzione di costi.

- **Motion:** A differenza del trasporto che avviene da un'area ad un'altra la movimentazione è un'attività che avviene all'interno dello stesso ciclo di lavorazione in una postazione definita. La movimentazione del prodotto all'interno dello stesso ciclo non costituisce un valore aggiunto al prodotto finito ma è spesso necessaria per la produzione dello stesso. Per questo motivo è molto difficile eliminare questa tipologia di spreco. Tuttavia, è possibile andare a migliorare le movimentazioni per ottenere un aumento della produttività.

- **Processing defects:** Tutti i prodotti non conformi alle specifiche di lavorazione vengono definiti scarti. Nella filosofia della Lean Manufacturing viene ritenuto spreco la realizzazione di qualsiasi pezzo difettoso che sia da scartare o che sia possibile rilavorare. Andando ad eliminare gli scarti sarebbe possibile ottenere una forte riduzione dei costi ma ciò non è sempre possibile nei casi reali. Per migliorare la produzione è possibile andare ad analizzare la Forma del prodotto iniziale e tutte quelle attività che subisce per essere trasformato nel prodotto desiderato. Questo spreco è molto importante perché potrebbe accadere che al cliente arrivi un prodotto non conforme o in alcuni casi inutilizzabile.

- **Over processing:** L'ultima forma di sprechi individuata è quella intrinseca al processo di fabbricazione e rientrano in questa categoria tutti quegli step che non aggiungono valore al prodotto finito come rallentamenti del flusso produttivo, scarto del prodotto, incremento dei costi e instabilità del risultato. Le cause più comuni sono:

- Inefficienze organizzative.

- Mancanza o indisponibilità di risorsa.

- Carenza di formazione per gli addetti.

- Assenza di informazioni essenziali.

- Eccessiva complessità del sistema decisionale.
- Bassa performance degli impianti.
- Eccessiva variabilità dei parametri di processo.
- Eccessiva variabilità dei materiali.
- Attrezzature o strumentazione non adeguata.

Queste cause appena elencate sono solo alcune di quelle che effettivamente provocano un'inadeguatezza dei processi. È bene quindi andare a monitorare costantemente i processi per garantirne un corretto funzionamento e la ripetitività nel tempo.

Nella Figura 2. viene riportato un framework della LM per il miglioramento aziendale.

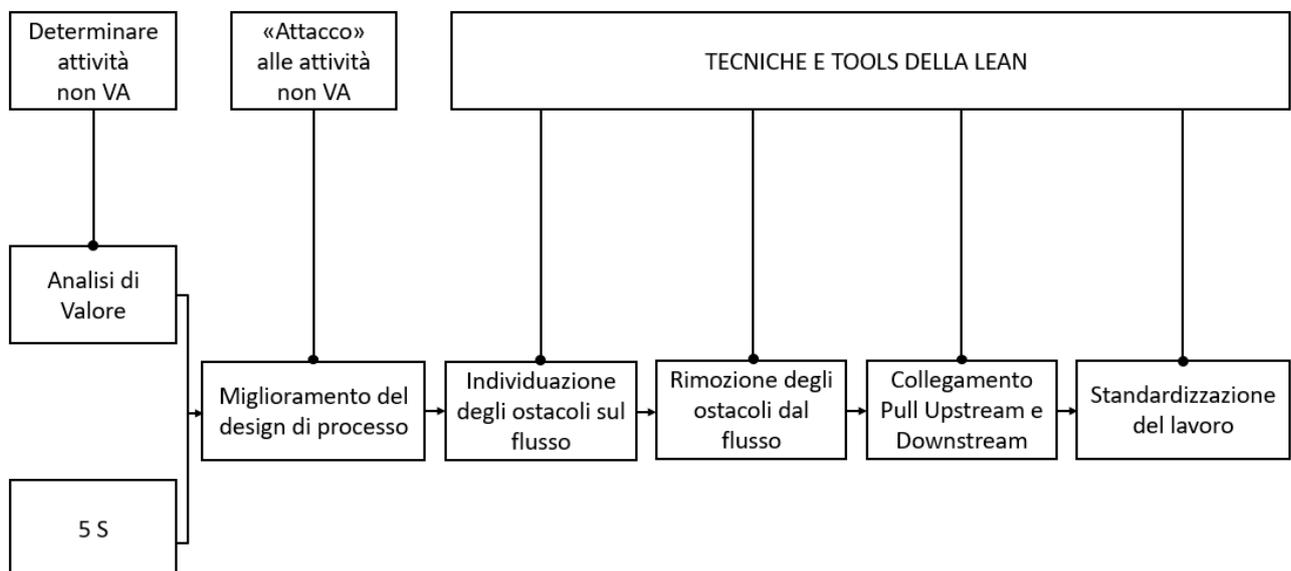


Figura 2. Framework per l'implementazione della LM.

In particolare, l'implementazione delle attività come l'eliminazione degli sprechi (come il tempo di fermo macchina), miglioramento continuo, flusso continuo con sistema Pull e gruppi multifunzionali comporta l'avanzamento della linea produttiva nella produzione snella [9]. Per una implementazione Lean di successo è opportuno incorporare tutti gli elementi snelli e la sequenza delle attività di implementazione. Per prima cosa occorre definire un piano chiaro di produzione in

grado di stabilire l'ordine di servizio, l'allocazione delle risorse e gestire code di richieste di servizio. Occorre, successivamente, indagare sulla percezione dei dipendenti per identificare i fattori che influenzano il lavoro. Le indagini statistiche riportate in [10] suddividono il fattore di percezione dei dipendenti in fattori critici intrinseci, come impegno e convinzione, e fattori esterni, come la comunicazione ed il metodo di lavoro snello in grado di influenzare il successo dell'implementazione snella dal punto di vista dei lavoratori.

Occorre identificare tutte le azioni specifiche necessarie per portare avanti un prodotto specifico all'interno delle criticità di gestione, quali Problem Solving, Information Management e Physical Transformation, definendo così un processo di mappatura dei flussi dei materiali e informativi necessari per coordinare le attività svolte da produttori, fornitori e distributori (VSM). Infatti, la mappatura del flusso di valore (VSM) permette di descrivere in modo visivo e con il supporto di dati tutto il percorso che un prodotto compie per essere realizzato e giungere al cliente finale, evidenziando così gli sprechi che disperdono valore.

È inoltre necessario analizzare il tempo di takt, analizzando la frequenza con cui una parte o un componente deve essere realizzato per soddisfare la domanda dei clienti. Tale tempo dipende dalla domanda di produzione mensile, se aumenta la domanda il tempo di takt diminuisce. Dunque, è fondamentale misurare il takt time a causa dei costi e dei fattori di inefficienza nella produzione in anticipo rispetto alla domanda, includendo lo stoccaggio ed il recupero dei prodotti finiti.

È inoltre opportuno identificare nella produzione il processo/vincolo "a collo di bottiglia", calcolato determinando il tempo di ciclo massimo della linea. Infatti, la capacità di linea/impianto è il prodotto del tempo di ciclo del collo di bottiglia (C/T) e del totale tempo disponibile. Se il tempo C/T è inferiore al takt time, allora la domanda del cliente è soddisfatta.

Per avere una implementazione di successo della LM si raggruppano in parti di lavoro che utilizzano attributi di progettazione e produzione simili. La formazione di celle di lavoro è puramente basata sulla natura del processo stesso che varia in ciascun'azienda. Basandosi su [11], l'input e output di una linea ad U devono essere collocati nella stessa postazione. Grazie alla linea ad U, inoltre, si riducono le postazioni di lavoro, si migliora il bilanciamento della linea, la visibilità, la comunicazione, flessibilità ed il movimento dei materiali. Inoltre, si possono introdurre macchine specializzate in postazioni di lavoro per migliorare l'intero processo.

Per avere la produzione in base alla richiesta del cliente, occorre implementare il sistema Pull, in cui l'ingresso dei prodotti in produzione non viene anticipato rispetto agli ordini. In questo modo, la produzione è regolata da valle del processo produttivo. Infine, il sistema Kanban è un sottosistema

della produzione snella creato per controllare l'inventario, la produzione e la fornitura dei componenti. Tale sistema ha lo scopo di fornire la produzione di un mix di modelli con un inventario ottimale ottenendo così una riduzione dei tempi di consegna del prodotto ed utilizzo efficace di risorse, come l'uomo e la macchina [12,13].

Oggi, le tecniche della LM hanno cambiato in modo dirompente il modo di guardare ai processi produttivi, misurati non più in termini di processi o difetti, ma per il valore che creano al cliente. Infatti, il processo produttivo Lean non spinge più i propri prodotti sul mercato, creando successivamente una eventuale domanda, ma è il cliente che identifica un valore di interesse e attiva con il proprio acquisto il processo tirando (tecnica pull) a sé il prodotto desiderato. Affinché tutto scorra in modo fluido non ci devono essere muda ed il flusso deve poter rimanere focalizzato sulla richiesta del cliente. Tale contesto permette alle aziende di essere reattive e di avere certezze sulla marginalità e il focus mantenuto sul valore che il cliente riconosce ai prodotti offerti permette di presidiare meglio quote di mercato e cogliere fin da subito variazioni attuando contromosse tempestive. Una tensione positiva e costante sui temi del miglioramento continuo mantiene l'intera organizzazione agile e pronta a cogliere tutte le nuove opportunità di business.

2.2. World Class Manufacturing

La disciplina del World Class Manufacturing (WCM) è nata all'inizio degli anni '80 come la raccolta di buone pratiche provenienti principalmente dal Toyota Production System. Solo molti anni dopo la WCM assunse un ruolo maggiore nella comunità globale con la Fiat Group Automobili finalizzato a creare una nuova modalità per essere competitivi nella produzione. Il WCM è un programma di innovazione basato sul miglioramento continuo, che prevede l'eliminazione di ogni tipo di spreco e perdita (Muda). Questa filosofia aziendale focalizza il suo orientamento esclusivamente al cliente, producendo perciò una logica pull ed un flusso continuo con lead time brevi. L'obiettivo del WCM è quello di realizzare prodotti in maniera più rapida, economica, con maggiore qualità, sicurezza e soddisfazione di tutti gli stakeholder legati al progetto. Questo risultato è possibile grazie al coinvolgimento di tutti e per mezzo dell'utilizzo di metodologie standardizzate. Nello specifico, il WCM rappresenta l'evoluzione e l'integrazione di metodologie e di logiche sviluppate dagli anni '50 agli anni '80, come:

- Lean Manufacturing (Produzione snella),
- JIT (Just in Time),
- QRM (Quick Response Manufacturing),
- TPM (Total Productive Maintenance),
- TQM (Total Quality Management),

alle quali occorre aggiungere una valutazione e un'ottimizzazione delle perdite e degli sprechi.

Le attività di tutti i team sono orientate alla realizzazione di progetti *Kaizen* con l'obiettivo di azzerare le perdite e le loro cause. Infatti, la parola *Kaizen* è la composizione dei due termini giapponesi *KAI* (cambiamento, miglioramento) e *ZEN* (buono, migliore), e viene perciò tradotto con miglioramento continuo mediante un rinnovamento a piccoli passi, giorno dopo giorno, incoraggiando ogni persona ad apportare piccoli cambiamenti il cui effetto complessivo migliora l'intera organizzazione. La forza del WCM deriva dal coinvolgimento delle persone a tutti i livelli, dagli operai ai manager; viene appresa mettendo in pratica le tecniche con i team di stabilimento e si realizza nel posto di lavoro, non in uffici lontani dalla produzione. Aderire al WCM significa ripensare il processo produttivo e ottimizzare non solo i processi di produzione, ma anche tutto il ciclo di vita del prodotto: movimentazioni, scorte, controlli, manutenzioni, gestione della supply

chain sino alla progettazione e modellazione dei processi operativi [14]. Tutte le fasi che accompagnano il prodotto, dall'inizio alla fine, devono concorrere a "creare valore", cioè qualcosa per cui il cliente è disposto a pagare. Questo richiede notevoli investimenti in ricerca, innovazione organizzativa e tecnologica, formazione continua del personale e dell'ecosistema industriale. L'obiettivo delle aziende è quello di riuscire a soddisfare le esigenze del cliente, il quale richiede:

- Prodotti di alta qualità
- Consegna in tempo
- Prodotti più economici possibili

Per riuscire ad ottenere una corretta implementazione del WCM vengono eseguite le seguenti fasi:

- **Strategic Sponsorship & Managerial Commitment.** Manager e dirigenti hanno il compito di fornire un'attenzione costante al personale affinché possa riuscire nell'applicazione del metodo WCM con l'obiettivo di migliorare le loro capacità e le loro performance.

- **Slice the Elephant.** Il WCM trova soluzioni semplici per gli scenari di alta complessità, dove si contano molte perdite e sprechi. I 10 pilastri del WCM aiutano a "tagliare l'elefante" riuscendo ed eliminare i diversi tipi di perdite.

- **Cost Deployment.** Tutti i pilastri sono guidati da una "bussola" che indica quali siano le perdite di livello superiore su cui intervenire ed eliminare in modo prioritario. La metodologia WCM pertanto imposta l'ordine di priorità per ciascun pilastro sulla base delle maggiori perdite misurate nei processi di fabbricazione.

- **"Pay Back" Kaizen.** Tutte le attività di Kaizen vengono eseguite secondo un rapporto costi/benefici vantaggioso per la Società. La metodologia industriale per migliorare le prestazioni lavora quindi insieme all'area Economico-Finanziaria.

- **Gradual Approach.** Il WCM è implementato prima nella zona più critica (Area Modello), in cui vengono misurate le maggiori perdite. Qui i metodi e strumenti standard WCM sono applicati in modo da eliminare le perdite rilevate. Il "modello" del nuovo processo viene quindi esteso in una fase successiva alle altre aree.

- **Data-Standard-Improvement.** Le decisioni nel WCM sono prese sulla base di dati e fatti. Standard di base sono creati al fine di garantire una base di processi (fase reattiva). Miglioramenti e risparmio sono raggiunti eliminando le cause profonde della perdita cronica (fase preventiva). Il rischio è valutato e i processi sono sviluppati e consolidati, al fine di garantire le condizioni per ottenere zero perdite (fase proattiva). Il concetto di ottimo, secondo tale filosofia, coincide al valore zero: zero sprechi, zero scorte, zero incidenti, zero guasti, zero difetti e zero insoddisfazione del cliente. Quindi, il concetto fondamentale per la sostenibilità e miglioramento continuo è la standardizzazione, poiché senza di essa l'introduzione di un miglioramento o di un'innovazione perderebbero efficacia nel tempo.

Alla base del WCM ci sono 10 pilastri tecnici e 10 pilastri manageriali:

1. **Safety.** La sicurezza è fondamentale per evitare che ci siano incidenti sul luogo di lavoro. Occorre agire su azioni e condizioni pericolose che causano mancati incidenti o infortuni visibili classificati in medicazioni, infortuni lievi, gravi, fino a infortuni fatali. La classificazione degli infortuni è possibile per mezzo dell'utilizzo della piramide di Heinrich. Per evitare i rischi si effettuano sia attività di analisi di processo che di monitoraggio di processo. Nella prima si effettua un'analisi per ogni attività per verificare se ci sono rischi relativi a incidenti, quasi incidenti o ad azioni di non sicurezza. Nella seconda viene costruita una matrice per tenere traccia della rilevanza di tutti gli incidenti.
2. **Cost Deployment.** Il pilastro del Cost Deployment introduce il concetto di convenienza economica. Consente al management di effettuare un miglioramento di efficienza andando ad intervenire sulle cause di perdita più rilevanti. Questo avviene per mezzo della collaborazione tra diverse aree quali: Produzione, Amministrazione e Controllo. L'obiettivo è quello di ridurre o eliminare costi inutili dovuti da perdite e sprechi.
3. **Focus Improvement.** Il pilastro del Focus Improvement è correlato al Cost Deployment ed il suo principale obiettivo è quello di eliminare le principali voci di perdita individuate dal pilastro precedente. Ciò è possibile attraverso l'eliminazione delle inefficienze dei processi.
4. **Autonomous Maintenance.** Questo pilastro divide in due attività: Autonomous Maintenance (AM) e in Work Place Organization (WO). La AM ha lo scopo di prevenire i guasti degli impianti e le micro-fermate attraverso attività di manutenzione preventiva di

primo livello: ispezioni, pulizie, controlli, sostituzioni, smontaggi e piccole riparazioni. La WO, invece, ha come obiettivo quello di ripristinare e mantenere in ordine l'area di lavoro, curare l'addestramento degli operatori e migliorare le condizioni ergonomiche.

5. **Professional Maintenance.** Questo pilastro fa riferimento alla realizzazione di un sistema di manutenzione che sia in grado di azzerare i guasti delle macchine ed impianti e di risparmiare, prolungando la vita delle macchine, con frequenti pratiche di manutenzione volte ad allungare la vita dei componenti.
6. **Quality Control.** L'obiettivo è quello di passare dal controllo del prodotto al controllo del processo di produzione. In questo modo si agisce direttamente sui fattori uomo, metodo, materiale e macchina utilizzando strumenti per il problem solving e andando così a definire le condizioni per zero difetti.
7. **Logistic & Customer Services.** Con il pilastro Logistic si persegue l'obiettivo di gestire il flusso interno del processo produttivo aziendale perfezionandolo con il coinvolgimento degli attori esterni. La logistica, quindi, assume un ruolo fondamentale ed il suo fine è quello di dominare tutte le fasi del processo produttivo secondo una visione sistemica.
8. **Early Equipment Management & Product Management.** Il pilastro Early Equipment Management ha come obiettivo rendere gli impianti competitivi migliorandoli continuamente attraverso la capacità di anticipare i problemi che gli impianti possono presentare. Ciò è possibile introducendo nel progetto delle nuove macchine basandosi sull'esperienza dei precedenti macchinari, sia in fase di avvio produttivo che in quella a regime.
9. **Environment.** Con il pilastro Environment, sistema di gestione ambientale, si intende la gestione dei programmi ambientali di un'organizzazione. In questo sono compresi la struttura organizzativa, la pianificazione e le risorse per sviluppare, attuare e mantenere la salvaguardia ambientale.
10. **People Development.** Quando si parla del People Development, Sviluppo delle Persone, si fa riferimento a quel fattore di competitività fondamentale per il conseguimento dell'eccellenza. L'aumento delle competenze delle persone rappresenta il prerequisito per la messa a punto del WCM.

I 10 pilastri manageriali hanno lo stesso peso di quelli tecnici, ma guidano il management dell'impresa verso il giusto processo decisionale, al fine di incrementare i risultati ed ottimizzare i

processi di miglioramento ed integrazione tra i pilastri tecnici. Di seguito vengono analizzati i pilastri manageriali.

Il percorso di implementazione di ogni pilastro tecnico si sviluppa in sette passi, ognuno dei quali prevede specifiche attività. Il percorso nei sette step si divide in **tre fasi: reattiva (1-3), preventiva (4-5) e proattiva (6-7).**

1. **Deployment dei costi di trasformazione.** Quantificare i costi totali di trasformazione. Assegnare obiettivi di riduzione dei costi. Assegnare i costi totali di trasformazione per processo.
 2. **Identificare** qualitativamente **perdite e sprechi**, quantificandole in base alle misure dello Step 1.
 3. **Separare** le **perdite causali** da quelle **risultanti**.
 4. **Calcolare** i costi di **perdite e sprechi**.
 5. **Identificare** i **metodi** per il **recupero** di **perdite** e sprechi.
 6. **Stimare** i costi del **miglioramento** e delle riduzioni corrispondenti di perdite e sprechi.
 7. **Implementare** il **piano di miglioramento**.
- **Scorte non necessarie:** eccessive giacenze di materia prima, semilavorati e prodotti finiti incrementano il Lead time. Lo stato ideale dovrebbe essere rappresentato dalla situazione di “zero buffer”, con un conseguente flusso dei beni più veloce. Le scorte non necessarie creano notevoli costi di stoccaggio e, quindi, possono compromettere la competitività dell’azienda.
 - **Movimenti superflui:** sono i movimenti eseguiti dagli operatori che non portano valore aggiunto al prodotto. Ciò accade quando l’operatore ha la necessità di spostarsi per ricercare un particolare codice o utensile. Spesso i movimenti non necessari riguardano l’ergonomia della postazione di lavoro, che costringe l’operatore a piegarsi, spostarsi o a compiere altre azioni che potrebbero essere evitate. Questa tipologia di spreco può portare l’operatore a stancarsi e dunque a problemi di produttività e, spesso, di qualità.

L’attività di ogni pilastro è organizzata macro-fasi che vanno portate avanti in modo consecutivo. Il coinvolgimento delle persone è alla base di ogni attività. Non esiste livello gerarchico nella

creazione dei team di lavoro, esistono solo competenze e conoscenze necessarie per l'efficacia di un lavoro di gruppo [15].

La base per l'implementazione della WCM all'interno dell'azienda è la produzione integrata di fabbrica o Computer Integrated Manufacturing (CIM), che consiste nell'integrazione automatizzata tra i vari settori di un sistema di produzione (progettazione, ingegnerizzazione, produzione, CQ, pianificazione della produzione e marketing) al fine di minimizzare i tempi di sviluppo di un prodotto, ottimizzare la gestione delle risorse ed incrementare la flessibilità per coprire più possibile il mercato. Infatti, i vantaggi del CIM ricadono nella riduzione delle scorte, del time to market e costi e nell'incremento della qualità del prodotto.

3. Logistica

La logistica aziendale è l'elemento di connessione fisica tra i diversi enti della catena produttiva, come la gestione del magazzino, il controllo dell'inventario ed il flusso di informazioni, ed è fondamentale per garantire il funzionamento e l'efficienza dell'azienda (Figura 3). La gestione della logistica consiste nel gestire la supply chain con la pianificazione, l'implementazione ed il controllo dell'efficienza dei flussi in ingresso e in uscita, di stoccaggio di merci, di servizi e di tutte le informazioni correlate tra il punto di origine ed il punto di consumo. La logistica è diventata uno strumento necessario per la competitività, poiché è la chiave con cui i prodotti e servizi vengono forniti ai clienti. La velocità e l'affidabilità nella distribuzione dei prodotti dal luogo di produzione al luogo di consumo contribuisce notevolmente alla crescita del commercio interno e internazionale di un Paese. In un'impresa manifatturiera, il processo aziendale inizia con il flusso di materiale dai fornitori allo stabilimento di produzione e, quindi, al cliente attraverso i canali distributivi. Tradizionalmente, nell'organizzazione aziendale, i processi interni sono costituiti da attività distinte come l'approvvigionamento di materiale, produzione e distribuzione rispettivamente sotto il controllo dei propri reparti. Spesso però i reparti incontrano una mancanza di coordinamento delle loro attività ed una scarsa comunicazione tra di loro. Il concetto di logistica è basato proprio sull'approccio del sistema, il flusso di materiale da un fornitore ad uno stabilimento di produzione è visto come un'unica catena, garantendo efficienza ed efficacia nelle attività sequenziali volto al raggiungimento della soddisfazione del cliente con costi ridotti. Infatti, la logistica riconosce che tutte le attività di movimento di materiale sono interdipendenti e necessitano di uno stretto coordinamento. Queste attività devono essere gestite come un unico sistema e non come reparti a sé stanti. Le aree funzionali della logistica, denominate Logistics Mix, sono costituite da:

- Flusso di Informazioni contenente la registrazione, il controllo, l'eventuale modifica ed elaborazione degli ordini
- Magazzino contenente lo stoccaggio del materiale, unificazione del carico e movimentazione dei materiali, raccolta e riempimento degli ordini e documentazione di spedizione
- Controllo dell'inventario contenete la pianificazione dei fabbisogni di materiale e le decisioni sul livello di inventario per gli obiettivi del servizio clienti
- Packaging contenente l'assemblamento del materiale e prevenzione dei danni, la comunicazione ed il trasporto intermodale

- Trasporto contenente la pianificazione del percorso, la modalità di trasporto e lo scheduling del veicolo

L'obiettivo principale della logistica è quello di facilitare il flusso di materiale attraverso la catena di approvvigionamento dell'azienda in modo tale da rendere disponibile il prodotto giusto, nel posto giusto al momento giusto. La logistica deve raggiungere la soddisfazione del cliente al minor costo aziendale. Questo è possibile solo quando tutte le funzioni logistiche lavorano come un sistema unificato per il raggiungimento di un obiettivo comune [16].

Negli ultimi anni la globalizzazione, la gestione della catena di approvvigionamento e le esternalizzazioni di aree funzionali non di competenza hanno cambiato le prospettive sulla logistica. Nel processo produttivo l'attenzione si è spostata sulla catena di approvvigionamento: ovvero



Figura 3. La logistica vista come filo conduttore.

l'integrazione di un processo di approvvigionamento, elaborazione e distribuzione con un thread per fornire valore al cliente. In questo modo, la logistica svolge un ruolo chiave nel processo di consegna del valore ed il successo della gestione della catena di approvvigionamento dipende in larga misura dalla pianificazione della logistica e dal suo supporto. Il successo competitivo delle aziende può derivare solo dalla leadership dei costi o dall'offerta di prodotti e servizi differenziati. I costi possono essere ridotti da un'efficace gestione della logistica, che migliorerà anche la differenziazione con un servizio clienti di qualità superiore.

In Figura 4. sono riportate le attività presenti nel portare valore al cliente: dalla logistica in entrata al servizio di vendita, con l'aggiunta di attività di supporto come infrastrutture, gestione delle risorse umane, sviluppo tecnologico e approvvigionamento.

La logistica aziendale fornisce valore al cliente attraverso le seguenti fasi logistiche:

- 1. Logistica in Entrata.** È la logistica che si occupa di trasportare i beni fisici dai fornitori all'azienda ed è responsabile di garantire la sicurezza nel trasporto e di tempi certi e rapidi. Essa supervisiona tutti i processi che precedono la produzione, curando i rapporti con i fornitori e verificando le scorte delle materie prime ed i pezzi.

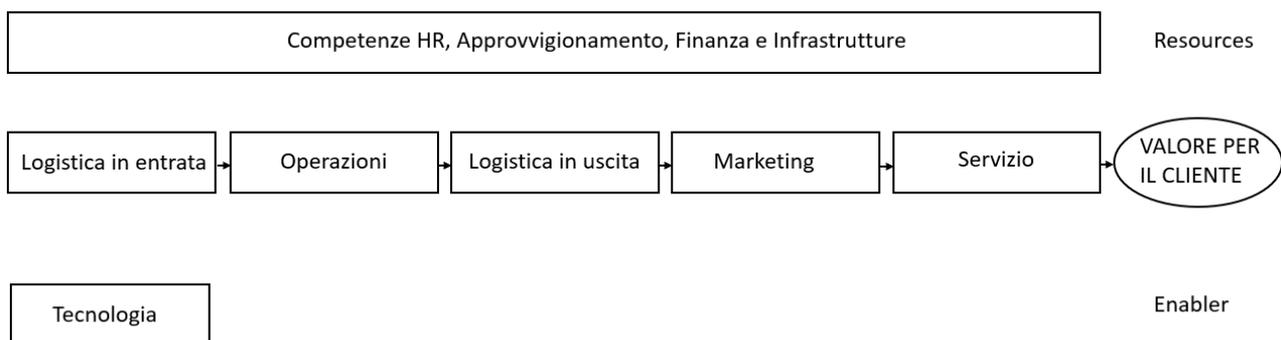


Figura 4. Catena di consegna del valore al cliente.

- 2. Logistica interna e di magazzino.** È la logistica che si dedica alla movimentazione, smistamento dei materiali, personale o informazioni all'interno dei reparti. Si occupa di mettere a dimora i flussi di materiale all'interno dell'azienda con l'obiettivo di gestire gli stock in modo ordinato ed efficiente affinché la distribuzione sul mercato non impatti sul bilancio aziendale. In particolare, la logistica di magazzino deve necessariamente essere dotata di mezzi di movimentazione idonei alle operazioni da compiere in perfetta efficienza ed avvalersi di attrezzatura di stoccaggio correttamente progettate nelle dimensioni e nella tecnologia, come scaffalature a gravità o traslo-elevatori.
- 3. Logistica distributiva o in uscita.** È la logistica che si occupa della rete di distribuzione della merce al mercato di riferimento. L'obiettivo è di far raggiungere al cliente il prodotto rispettando quanto concordato, garantendo rapidità e puntualità con la minimizzazione dei costi.
- 4. Logistica di ritorno o inversa.** È la logistica che si occupa della ricerca delle soluzioni più efficienti volte a gestire il flusso delle merci di ritorno.

È opportuno considerare anche la logistica integrata volta alla pianificazione centralizzata ed il controllo di tutte le sue attività integrandole con le diverse funzioni aziendali per ottimizzare i processi, ridurre i costi e massimizzare l'efficienza. Questo tipo di logistica porta benefici all'intera supply chain, con un enorme vantaggio competitivo ma richiede di reconsiderarla come un vero e proprio elemento chiave della catena del valore.

Le principali funzioni della logistica sono riportate nella Figura 5. Partendo dall'elaborazione degli ordini, stilato sul documento di acquisto, si definiscono tutti i dettagli del prodotto che dovrà arrivare al cliente: il prezzo, il tempo di consegna, il termine di pagamento, tasse ed altri eventuali accordi. Questo documento permette di avere una conoscenza diretta con l'ordine ed il rispettivo tempo di ciclo, ovvero il tempo che impiega il prodotto a raggiungere il cliente a partire dall'ordine ricevuto. L'attività di elaborazione degli ordini consiste in [16]:

1. Controllo dell'ordine per evitare qualsiasi deviazione dal contratto o secondo i termini pattuiti;
2. Definire il prezzo, il pagamento e le condizioni di consegna;
3. Verificare la disponibilità in magazzino dei materiali;
4. Riordini dei materiali carenti;
5. Ricontrollare l'ordine indicando eventuali deviazioni.

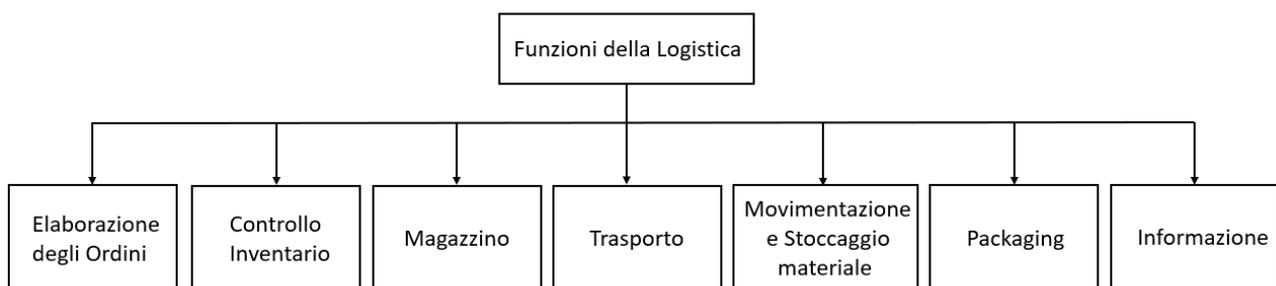


Figura 5. Schema delle principali funzioni della Logistica.

L'elaborazione degli ordini è un'operazione di routine ma richiede elevate capacità di organizzazioni, formare il personale coinvolto e soprattutto l'elaborazione di un sistema informatico che garantisce sicurezza ed efficienza. Infatti, per le grandi aziende coinvolte in innumerevoli ordini risulta impossibile elaborare gli ordini manualmente, in poco tempo e senza alcun tipo di errore. In tale situazione, è necessario sviluppare un sistema in grado di gestire un lavoro così voluminoso con il

minimo coinvolgimento umano. Inoltre, a causa della pressione concorrenziale, il ciclo di elaborazione degli ordini deve essere abbreviato per avere un notevole vantaggio rispetto ai competitor. La logistica, in questo campo, mira allo sviluppo di un sistema per ordini efficiente, preciso e soprattutto con costi di investimento minimi.

Il controllo dell'inventario, o gestione delle scorte, consiste nel mantenere le scorte dell'inventario ad un livello sufficiente per soddisfare i requisiti del cliente e mantenere i costi al minimo. L'inventario è il responsabile della catena di approvvigionamento dell'azienda ed il costo medio per mantenerlo varia dal 10 al 25% dell'inventario totale annuo a seconda dei prodotti. Esistono due differenti approcci di gestione dell'inventario: costi minimi o soddisfazione del cliente. Grazie alle comunicazioni avanzate e alle strutture informatiche, alcune aziende nei mercati B2B operano a livello di inventario zero, adottando la tecnica JIT, con la co-partnership tra l'acquirente ed il fornitore in tempo reale.

Il magazzino svolge un ruolo fondamentale nelle operazioni logistiche di un'azienda. L'efficacia del marketing dipende dalla decisione appropriata sull'immagazzinamento. Nel contesto odierno, il magazzino è trattato come un impianto di comunicazione piuttosto che un luogo di stoccaggio e molti problemi a carico del cliente sono direttamente il risultato di una gestione impropria del magazzino. Le principali decisioni prese per la gestione del magazzino sono l'ubicazione, il numero, le dimensioni, il layout e la proprietà del magazzino.

Per la movimentazione delle merci dal fornitore all'acquirente, il trasporto è una componente fondamentale della logistica. Le aziende scelgono la modalità di trasporto più opportuna a seconda dell'infrastruttura di trasporto nel Paese o nella regione, e del costo. La valutazione se l'azienda debba disporre di un proprio trasporto o meno dipende dai costi operativi, dalla competenza ed affidabilità.

La velocità del movimento delle scorte lungo la catena di approvvigionamento dipende dai metodi di movimentazione dei materiali. Infatti, un metodo improprio di movimentazione aggiunge danni e ritardi nelle consegne con spese aggiuntive. Il sistema di movimentazione dei materiali dovrebbe supportare il sistema di stoccaggio per una rapida movimentazione (stoccaggio e prelievo) delle merci in entrata ed in uscita dal magazzino. Quindi, un buon sistema di stoccaggio è necessario per un utilizzo ottimale dello spazio limitato.

Il Packaging logistico è un elemento critico nella distribuzione fisica di un prodotto. Esso svolge un ruolo fondamentale nella protezione dei danni, nella facilità di movimentazione dei materiali e nell'economia dello spazio di stoccaggio.

L'informazione si basa sulle informazioni di movimento dell'inventario attraverso una catena di approvvigionamento. Pertanto, il sistema informativo svolge un ruolo vitale nel fornire un servizio superiore ai clienti. L'uso di strumenti IT per l'identificazione, l'accesso, l'analisi, il recupero ed il supporto decisionale è fondamentale per un'ottimale gestione dell'azienda.

Soprattutto nelle industrie metalmeccaniche i processi di produzione risultano essere più complessi ed un'elevata produttività con un miglioramento continuo sono oggi requisiti fondamentali. Pertanto, è opportuno focalizzarsi sulla pianificazione del processo, sugli strumenti di simulazione e sulle tecniche di implementazione. Con lo sviluppo e l'attuazione di sistemi di gestione orientati ai processi che supportano il ciclo di vita dei prodotti e soddisfino i requisiti fondamentali, si richiede all'azienda un approccio integrato alla formazione di un sistema efficace per i flussi di risorse gestione di progetti [17]. Negli ultimi anni, con l'integrazione del Cyber Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT) e Internet of Service (IoS) nella logistica aziendale, è possibile monitorare in tempo reale il flusso dei materiali ed avere una migliore gestione delle unità di manipolazione. Una migliore efficienza dei processi logistici può essere realizzata implementando i principi di Industria 4.0 in specifiche aree chiave come lo stoccaggio, il trasporto, l'imballaggio, la distribuzione ed il carico/scarico [18]. Soprattutto nelle aziende manifatturiere è fondamentale avere una perfetta conoscenza della collocazione del materiale interno. Pertanto, i sistemi informatici di gestione sono ben strutturati garantendo così il controllo del processo non solo in fase di produzione, ma anche durante le operazioni di stoccaggio, consegna del materiale o del trasporto dalla produzione al magazzino. Nel campo logistico le tecnologie dell'Industria 4.0 dovrebbero essere usate principalmente sulla base dei seguenti principi [19]:

- Supporto e processo decisionale. Si riferisce all'intelligenza artificiale e all'analisi dei big data finalizzati ad automatizzare i processi decisionali o supportare l'individuo in decisioni basate sull'analisi dei dati.
- Identificazione e inter-connettività. Si riferisce alle tecnologie IoT e ai sensori intelligenti capaci di identificare univocamente il tracciamento di prodotti e materiali interni.

- Flusso di informazioni. Si riferisce all'integrazione dei sistemi informatici, come il cloud computing, per fornire accesso ai dati da più fonti in tempo reale. Ciò favorisce una rapida pianificazione della produzione in tempo reale.
- Automazione, robotica e nuove tecnologie di produzione. Vengono introdotte nuove macchine e sistemi di trasporto intelligenti in grado di sostituire o duplicare l'essere umano nelle attività ripetitive e manuali.

Infatti, le macchine dell'intelligenza artificiale hanno trasformato i robot mobili in controllo autonomo e prevenzione degli ostacoli, come i veicoli a guida automatica (AGV). La visione della logistica con l'industria 4.0 trasforma il ruolo dell'uomo in supervisore e controllore. Poiché i dispositivi comunicheranno e coopereranno tra di loro, le strutture logistiche automatizzate si adatteranno facilmente a tutte le esigenze della produzione. Inoltre, l'uso di soluzioni automatizzate riesce a far fronte alla carenza di manodopera riducendo così gli errori dovuti dal fattore umano. Allo stesso tempo, l'automazione è al servizio delle persone, che vengono sostituite nei compiti ripetuti, consentendo loro di impegnarsi in lavori con valore aggiunto [19]. Gli sviluppi dell'Industria 4.0 offrono grandi opportunità per un'ottimizzazione della logistica aziendale.

Oggi la gestione della logistica si basa su concetti di sistema e sull'approccio ai costi. L'efficienza e l'efficacia nella movimentazione dei materiali e delle informazioni sono possibili solo con operazioni di logistica integrata. Le attività logistiche, come il trasporto, l'immagazzinamento, la movimentazione dei materiali, la gestione dell'inventario e l'elaborazione degli ordini, hanno un impatto significativo sui costi e sulle operazioni del cliente. Un'operazione logistica inefficiente può costringere i clienti a trasportare più scorte con un conseguente onere sui loro margini di profitto. La logistica integrata facilita il movimento continuo del materiale a costi ridotti [20].

3.1. Logistica di magazzino

La logistica del magazzino è fondamentale per l'ottimizzazione dei processi interni aziendali e per una gestione snella dei processi aziendali. L'intralogistica o logistica interna si occupa dell'organizzazione dei flussi di materiali e informazioni all'interno dell'azienda. Essa è composta sia dalla movimentazione dei materiali (trasferimento di merci all'interno di uno stesso magazzino o tra diversi impianti di una stessa struttura) sia dalla gestione delle scorte e delle informazioni (gestione dell'inventario e dei flussi di materiale). È fondamentale tracciare e registrare con software tutti i movimenti fisici che avvengono all'interno dell'azienda per avere il controllo sull'ubicazione dei materiali, sulla variazione delle scorte e sulla gestione degli approvvigionamenti. La gestione del magazzino è parte integrante dell'intralogistica che comprende la preparazione degli ordini, la gestione dell'ubicazione e ricezione e spedizione dei materiali. Sebbene l'intralogistica sia orientata verso l'automazione ed innovazione, nelle realtà aziendali piccole e medie resta ancora la gestione manuale del magazzino. Ciò favorisce un controllo diretto sulle dinamiche di magazzino, ma è allo stesso tempo causa di molti errori, come la trascrizione dei dati, la mancanza di comunicazione e la non trasmissione dei documenti necessari per il tracciamento merci e soprattutto la difficoltà nell'averne un quadro aggiornato in tempo reale della situazione.

L'immagazzinamento è essenziale nella gestione della catena di approvvigionamento poiché le merci vengono trasportate dal produttore al destinatario finale. Una sola operazione inefficiente del magazzino, come la mancanza di merci, ritardi o blocchi, può comportare lo stop della catena produttiva. Quindi, lo scopo dei magazzini è quello di supportare i processi di produzione, che possono essere realizzati mantenendo ad un livello sufficiente le risorse, i materiali ed imballaggi necessari per la produzione, garantendo così una produzione ininterrotta.

L'ottimizzazione della logistica di magazzino risulta un'operazione complessa soprattutto per la gestione dei prodotti. Occorre tenere in considerazione:

- la rotazione dei materiali per l'ottimizzazione degli spazi in magazzino;
- il controllo del flusso logistico interno;
- il monitoraggio delle merci stock.

Pertanto, è necessario che l'azienda abbia notevoli investimenti di risorse e denaro. Infatti, se non si dispone di strumenti per il controllo automatico della logistica interna è molto difficile offrire un servizio costante ed efficiente. Inoltre, è opportuno eliminare periodicamente gli scarti o ricollocare i materiali non più utilizzati per fare spazio a quelli che sono in grado di offrire un guadagno. Ciò permette all'azienda di avere un controllo completo delle merci e con meno lavoro in magazzino e meno impiego di risorse si ha più profitto per l'azienda stessa. Con il metodo Just In Time (JIT) per la gestione delle scorte viene eliminato tutto ciò che non serve, non solo in termini di acquisto in sé ma anche tutte quelle attività che lo circondano, come spostamenti e spazi per lo stoccaggio di merce non necessaria. Il JIT aumenta l'efficienza e riduce al massimo gli stock di materie prime e di lavorati necessari comportando così un aumento della qualità. Vi è anche il Punto di Riordino (ROP), un'altra tecnica di gestione delle scorte per merci ad alta rotazione, che permette di effettuare il riapprovvigionamento con ordine al fornitore dei materiali necessari per evitare una rottura di stock. Il ROP permette il raggiungimento di equilibrio tra i costi delle scorte e la rottura di stock. La formula con cui viene calcolato è la seguente (1):

$$\text{ROP} = \text{scorta di sicurezza} + (\text{consumo medio} \times \text{Lead Time}) \quad (1)$$

Nel magazzino i principali problemi sono legati alla numerosa quantità di materiale da ubicare. Spesso si utilizzano scaffalature molto alte che rendono necessario l'utilizzo di pickers specializzati a lavorare su scale o strutture verticali con tempi minimi ed in assoluta sicurezza. Inoltre, la logica First Input First Output (FiFo) è necessaria per avere ordine nel magazzino, ovvero lo spazio sviluppato in verticale lo si massimizza ponendo in basso tutto ciò che viene preso con maggior frequenza ed in alto la merce con minor rotazione. Anche l'uso di contenitori industriali standard migliora l'organizzazione e riduce la varietà di attrezzature di movimentazione dei materiali. Per avere processi immediati occorrono dei punti di riferimento da dare all'operatore: il pavimento deve essere marcato con indicatori e segnali di sicurezza ben visibili ed i contenitori per l'ubicazione del materiale devono essere dotati di etichette adesive chiare e leggibili. Questi fattori riducono al minimo il tempo perso e massimizzano il recupero del materiale.

La logistica di magazzino, inoltre, è un indicatore dell'efficacia delle operazioni a supporto dei processi di produzione con lo scopo di generare una produzione ininterrotta. È l'elemento cruciale delle operazioni interne e dello sviluppo della produzione aziendale. Ad oggi la logistica ricopre un ruolo fondamentale per la posizione competitiva delle imprese in quanto rappresenta una componente cruciale per lo sviluppo del processo di servizio al cliente.

3.2. Logistica di approvvigionamento linea

Il sistema Milk Run nell'intralogistica è un metodo, solitamente in-plant, di consegna delle scorte e delle materie prime tra il magazzino e le linee di produzione. Questo sistema nasce dal metodo di consegna utilizzato nelle industrie di latte in cui le autocisterne raccoglievano il latte da diversi allevatori al fine di avere un carico di latte completo. L'uso del sistema Milk Run riduce al minimo la distanza totale percorsa e massimizza l'utilizzo dei veicoli per soddisfare i requisiti della domanda. Dunque, il costo risulta ridotto ed il trasporto più efficace. Inizialmente questo sistema è stato utilizzato esternamente dall'azienda come un mezzo per trasportare materiali a vari punti di utilizzo finale con un'unica corsa.

Il sistema Milk Run è costituito da quattro elementi principali:

1. Dall'insieme di algoritmi che definiscono l'insieme, ovvero la struttura del lavoro come le regole e metodi per la raccolta degli ordini, il processo di prelievo e consegna e la formazione del treno logistico
2. Dal treno logistico che risulta essere mezzo per il trasporto del materiale. Esso consiste in un rimorchiatore e un numero di rimorchi. L'uso di questi treni logistici viene tradotto in un aumento dei volumi di trasporto, nella consegna e ritiro simultanei di merci e la presenza di container e prestazioni migliori di movimento rispetto ai più tradizionali in-plant.
3. Da un lavoratore polivalente, chiamato Mizusumashi, che oltre a guidare il treno, carica e scarica il materiale sul e dal treno. In questo modo viene fornito un movimento sicuro attraverso la rete di trasporto ed un flusso di informazioni.
4. Dalla rete dei trasporti è caratterizzata da molti percorsi a senso unico collegati per i treni logistici. Questi percorsi corrono tra tutti i punti di distribuzione e raccolta, nonché le aree di parcheggio e di servizio per il treno logistico.

Il sistema Milk Run presenta molti vantaggi, quali l'uso più efficiente del tempo, distanze di spedizione più brevi e costi di trasporto logistici ridotti. Uno dei vantaggi più importanti è proprio la riduzione dei costi di trasporto grazie alla consolidata distribuzione e al ritiro della merce. La combinazione di queste attività si traduce in distanze di viaggio più brevi, minore incidenza di

collisioni, meno lavoratori che eseguono operazioni di trasporto senza valore aggiunto ed un miglior controllo delle scorte. Questo sistema favorisce inoltre un aumento dei tassi di carico dei veicoli e bassi livelli di inventario. In accordo con la filosofia JIT tale sistema favorisce una consegna delle merci più accurata grazie alla sincronizzazione del trasporto interno [21]. Il Milk Run viene usato maggiormente nelle produzioni in serie con la filosofia JIT svolgendo un ruolo cruciale nella organizzazione logistica. Esso si basa sulla filosofia di pull, mantenendo basse le scorte e facilitando la fornitura del materiale. Il Milk Run risulta essere un valido supporto dello SMED, in cui per essere efficienti c'è la necessità di avere ciò che serve nel posto dove è necessario che sia. Ci sono due requisiti capaci di trasformare un processo logistico in un sistema Milk Run: la regolarità e la programmazione. Il Milk Run ha origine in magazzino, si sposta lungo un percorso fisso con più fermate dove sostituisce i contenitori vuoti con i pieni e alla fine ritorna al punto di partenza. La programmazione è necessaria quando il Milk Run opera quando la linea è in funzione, in cui la corsa inizia e si ripete ad orari prestabiliti.

Il Milk Run è il metodo per approvvigionare materiale da un magazzino centrale alle linee di assemblaggio. La differenza sostanziale tra il Milk Run e altri sistemi di approvvigionamento si trova nelle consegne in piccole quantità, di solo quello che serve per il compito specifico. Grazie a questo concetto si può realizzare il punto essenziale della Lean Production, vale a dire la fornitura del bene necessario per portare avanti il processo produttivo in chiave snella. Quindi limitando sprechi, scorte inutili e tempi morti. Per produrre nella quantità necessaria (seguendo il JIT) c'è bisogno di un sistema Milk Run che consenta di ottenere solo ciò che serve.

Una volta fatta la pianificazione del trasporto diventa uno standard semplice e ciclico che si ripete più volte. È dunque un grande miglioramento rispetto alla chiamata del operatore o del sistema ERP. Il Milk Run fa parte di una produzione pull, i contenitori sono i Kanban che vengono riforniti in base al consumo, evitando accumulo di scorte ed i rischi a essi collegati (danni, furti o sprechi). Se il consumo è maggiore il sistema tirerà di più, se inferiore, invece, tirerà di meno. Questa modalità di gestione richiede poche risorse dedicate alla pianificazione e favorisce un risparmio di spazio in postazione bilanciando correttamente gli approvvigionamenti del Milk Run.

Il sistema Milk Run semplifica la gestione logistica, caricando piccoli lotti si aumenta il coefficiente di carico del mezzo volto all'ottimizzazione del viaggio e alla logistica. Le piccole quantità di materiale e l'aumento dei viaggi potrebbero sembrare uno spreco, ma la gestione risulta in questo

modo unificata e l'approvvigionamento razionalizzato, ottenendo così una riduzione del ciclo di consegna ed un aumento della flessibilità in produzione.

Pertanto, i vantaggi di una gestione Milk Run si possono riassumere in:

- riduzione dei costi di gestione e degli spazi
- l'eliminazione dei carrelli elevatori dalle linee

Per un'azienda è essenziale ottimizzare le risorse economiche e coordinare le risorse produttive al fine di migliorare le performance. Innanzitutto, occorre identificare il tipo di treno da utilizzare nel sistema del Milk Run. In generale, per la logistica esterna può essere un camion o un furgone, mentre per la logistica interna è un operatore (Mizu) che traina un numero di carrelli con l'utilizzo di un trattore elettrico. Possono essere utilizzati anche i veicoli a guida automatica (AGV) capaci di consegnare i materiali senza conducenti, ma per scaricare e caricare i contenitori è necessario che ci sia un operatore o un sistema Karakuri. Tale sistema si basa sull'utilizzo di strumenti meccanici studiati appositamente per migliorare l'operatività all'interno delle aziende (Figura 6) con lo scopo di evitare l'azione dell'uomo, limitare i costi e di creare attrezzature e dispositivi che si arrestino automaticamente a lavoro compiuto. Il sistema Karakuri si utilizza per numerosi scopi, come quello legato alla movimentazione di carichi, all'orientamento dei materiali ed anche per l'ergonomia di alcune postazioni di lavoro.

I trattori generalmente trainano:

- carrelli con ripiani per la gestione dei piccoli contenitori (Figura 7)
- trolley con pianale per trasportare interi pallet (Figura 8)
- carrelli dollies per movimentare piccole cassette (Figura 9)

Infatti, grazie al timone di traino, integrato nella parte anteriore del carrello, vengono collegati e realizzati treni logistici ottimizzati per l'asservimento delle linee.



Figura 6. Esempio di sistema Karakuri usato in azienda.



Figura 7. Treno per il trasporto di carrelli con ripiani.



Figura 8. Trolley con pianale per il trasporto di pallet.



Figura 9. Carrelli dollies per il trasporto di piccole cassette.

Generalmente, qualora sia possibile, si organizza il carico dei carrelli in modo da tenere raggruppati i materiali per destinazioni. Inoltre, caricando manualmente i carrelli è opportuno porre attenzione allo studio ergonomico dell'operatore, valutando il dimensionamento delle Unità di Carico (UDC) e cercando di non superare 10 kg per cassetta. Qualora i carrelli dovessero attraversare percorsi all'esterno, è opportuno proteggere i materiali con un telo di copertura.

Il Milk Run deve avere un facile accesso al magazzino centrale affinché il materiale sia prontamente disponibile e gestito, solitamente, su scaffali a gravità con logica FIFO o, in caso di quantità più elevate, stoccato a pavimento su pallet con chiara identificazione dei componenti. Qualora il materiale venisse prelevato manualmente, si progettano gli scaffali modulari secondo la logica ergonomica per l'operatore. Inoltre, con l'utilizzo di contenitori ritornabili si favorisce la standardizzazione di lotti consegnati, consentendo un miglior controllo dei flussi produttivi per l'implementazione di sistemi di gestione di produzione pull. Grazie all'utilizzo del sistema Kanban, caratterizzato da una etichetta contenente l'indicazione materiale e la quantità richiesta, ottimizza la consegna dei materiali ai fornitori per i successivi rifornimenti. I vantaggi sono quelli di avere quantità minori da gestire e, quindi, fornitura più snella e la sostituzione del cartone o di altri rifiuti dalla linea con cassette facili da utilizzare.

Una valida alternativa è la strategia del Kitting o preparazione al kit. Questa strategia consente nel raggruppare in un set le singole parti necessarie per l'assemblaggio di un prodotto, creando un pacchetto chiamato kit. Questo kit viene consegnato ad altri operatori delle linee di assemblaggio che si incaricheranno dell'assemblaggio del prodotto finale. Il vantaggio del kit è la massima flessibilità nel fornire parti personalizzate così come richiesto dal montaggio in modo da azzerare completamente le scorte in linea. La grande sfida è assicurarsi zero errori di prelievo. Eventuali

disguidi, possono comportare la mancata sequenza delle parti o il fermo linea o eventualmente costose rilavorazioni. Per questo, un sistema Poka Yoke - Pick to Light- è di grande aiuto, che con l'identificazione del kit occorrente, è in grado di indicare in sequenza i componenti da prelevare specificandone la quantità. Le aziende che implementano la strategia del Kitting, specializzando i propri dipendenti nella preparazione dei set, ottengono i migliori tempi di fabbricazione del prodotto e una maggiore efficienza nelle operazioni di assemblaggio.

A destinazione, in postazione di montaggio è necessario un Supermarket a Gravità (SAG) utile per limitare la sovrapproduzione (Figura 10). Ogni contenitore è dimensionato a seconda dell'effettivo bisogno produttivo ed il ripristino avviene solo quando il contenuto viene fisicamente consumato. Il SAG è generalmente completo di corsie scorrevoli o scivoli per la gestione FIFO delle parti sia per l'approvvigionamento del materiale sia per il ritorno di contenitori vuoti. Le dimensioni e le corsie associate variano in base alla linea produttiva. È fondamentale l'utilizzo di ruote per la movimentazione e adattabilità, nel tempo, di nuovi flussi logistici. L'addetto all'asservimento linea caricherà dal retro i contenitori pieni e rimuoverà le cassette dalle corsie di ritorno vuote. Ogni corsia è assegnata a un unico componente. Nell'impostazione del sistema Milk Run, la pianificazione del processo, ovvero la creazione del percorso ed il timing, risultano particolarmente complicati. Il layout dell'azienda è fondamentale per impostare i percorsi del Milk Run, soprattutto l'identificazione delle aree del percorso e la distanza dal magazzino alle diverse stazioni di assemblaggio svolgono un ruolo cruciale per l'efficienza del percorso da eseguire.



Figura 10. SAG nel Milk Run.

L'ausilio di tecniche di gestione Kanban, nella sua applicazione più moderna E-Kanban, consente all'addetto in produzione di effettuare il riordino del materiale al fornitore non appena viene consumato. Il materiale consumato viene individuato sia leggendo il barcode del cartellino presente

sulla cassetta KLT sia con l'applicazione di sensori wireless sulle corsie dello scaffale che si attivano con la rimozione della cassetta ed inviano un segnale al sistema di controllo centrale di approvvigionamento, garantendo così la giusta disponibilità di scorta a bordo linea.

Per dimensionare correttamente un sistema Milk Run bisogna aver individuato i seguenti fattori:

- Spazio sulla postazione di lavoro
- Frequenza di passaggio
- Materiale necessario
- Capacità del treno
- Layout

Contestualmente, è necessario effettuare un'analisi costi-benefici per ottenere la soluzione ottimale. Il fattore più critico è lo spazio in linea di montaggio, e con il Milk Run, lo si intende utilizzare il minimo possibile. Per quanto riguarda il materiale necessario, occorre che ci sia almeno una scatola sulla linea per tutto il tempo. Quando un contenitore viene svuotato, il Milk Run lo raccoglie al primo giro e al successivo riporta il pieno. Nel caso peggiore, ovvero quando il contenitore si svuota appena dopo il passaggio del Milk Run, occorre attendere un ulteriore ciclo per l'approvvigionamento. Dunque, occorre in postazione uno spazio per due cicli del Milk Run ed una scatola in più. Tale scatola extra è il buffer di sicurezza per le fluttuazioni del tasso di consumo nel montaggio. Durante il normale funzionamento metà dei materiali (più il buffer di sicurezza) si trovano in postazione di montaggio, il resto si trova sul Milk Run e nel magazzino. Per stimare il tempo di ciclo occorrono effettuare delle prove. Più breve è il tempo ciclo, meno materiale è necessario in stazione di montaggio, viceversa più è alto, maggiore sarà la quantità di materiale necessario. In tutti i casi, è opportuno impostare il tempo ciclo in modo regolare, con intervalli di un'ora o divisioni uniformi dell'ora (trenta minuti o quindici minuti). In tal modo, il conducente e gli operatori potranno monitorare il sistema con più semplicità. Inoltre, per determinare il materiale necessario per coprire due tempi di ciclo occorre determinare tutti i materiali che servono al montaggio, individuare il tasso di consumo e le unità di carico. Ad esempio, si supponga di aver bisogno di un pezzo ogni sessanta secondi (Consumption Tatk). Se l'Unità di Carico (UDC) è di dieci pezzi, un contenitore sarà sufficiente per dieci minuti. Quindi, se il tempo di ciclo è di un'ora, si avrà bisogno di sei contenitori più uno (per un totale di sette contenitori). Occorre effettuare il seguente calcolo (2):

$$\text{N}^\circ \text{ di Cassette} = \frac{2 \times \text{Cycle Time}}{\text{Consumption Takt} \times \text{UDC}} + 1 \quad (2)$$

Bisogna ripetere (2) per tutti i materiali da approvvigionare con il Milk Run. Il tasso di consumo e le unità di carico possono variare a seconda del materiale. Dopo aver calcolato le scorte necessarie per impostare un sistema Milk Run, occorre dimensionare correttamente lo spazio necessario sul treno. Per ogni componente vengono ritirate le scatole vuote solo dopo la consegna delle piene. Quindi, occorre dimensionare il Milk Run con un ciclo di contenitori per tutti i componenti, oltre ai buffer di sicurezza. Analogamente ai calcoli precedenti, il numero totale di scatole per dimensionare il treno è il seguente (3):

$$\text{N}^\circ \text{ di Cassette} = \frac{\text{Cycle Time}}{\text{Consumption Takt} \times \text{UDC}} \quad (3)$$

Per la pianificazione del layout, occorre innanzitutto identificare le fermate e le relative stazioni da servire. Successivamente, viene generato un elenco di fermate in cui il Milk Run dovrebbe fornire il materiale indicando i materiali da servire. Si determina, poi, il percorso, collegando tutte le fermate precedentemente stabilite. Bisogna considerare, inoltre, il tempo necessario per eseguire il percorso, che deve essere inferiore al tempo ciclo utilizzato nei calcoli con un buffer di sicurezza nella pianificazione. Se la corsa rimane indietro, l'intera linea di montaggio si rallenta. Un'alternativa al guidatore umano sono i veicoli a guida automatica AGV.

Per il calcolo dei tempi occorre tenere in mente i seguenti fattori:

1. Il tempo necessario per percorrere il percorso. A seconda del veicolo e della normativa, la velocità può essere compresa tra 1 e 2 m/s, escluse accelerazioni e decelerazioni;
2. Il tempo di fermata con relativi carichi e scarico materiali
3. Il tempo necessario per caricare il treno Milk Run in magazzino.

Inoltre, il riempimento delle scatole vuote può comportare tempi maggiori rispetto alla consegna della stazione di montaggio, soprattutto se richiedono ulteriori lavorazioni di rimballo o taglio. Occorre considerare anche il viaggio di ritorno. La maggior parte dei treni Milk Run sono composti da cinque vagoni, muovendosi in sicurezza e facilmente lungo tutto il percorso. Dopo aver creato un sistema Milk Run è fondamentale monitorarlo per giorni o settimane, consultando i conducenti e gli addetti al montaggio per eventuali problemi. Potrebbe essere necessario aumentare le soste o la frequenza di consegna o utilizzare scatole più piccole.

3.3. Logistica di linea

Un aspetto da tenere in considerazione durante la progettazione delle linee di assemblaggio di prodotti è la programmazione del sistema logistico di alimentazione e movimentazione dei materiali. Quest'ultimi devono poter fluire sulle stazioni di montaggio nel modo più efficiente possibile, evitando, per quanto possibile, inutili movimentazioni e sprechi nella loro gestione. Facendo riferimento ad una corretta progettazione delle unità e sistemi di movimentazione, delle logiche di riordino dei materiali sulle linee di assemblaggio è possibile ottenere una semplificazione delle logiche di approvvigionamento, ottenendo in questo modo ingenti risparmi nei costi logistici totali. L'obiettivo principale della logistica ed in particolare della logistica di linea è riuscire a sincronizzare i flussi (Figura 11). Sulle linee e sulle stazioni di lavoro sono presenti tre flussi che devono essere sincronizzati:

- Il flusso del pezzo: fa riferimento al prodotto che viene gradualmente assemblato all'avanzare sulla linea.
- Il flusso delle operazioni: sequenza del ciclo delle operazioni che costituiscono il ciclo di assemblaggio.
- Il flusso dei materiali: riguarda il flusso dei componenti da assemblare affinché si ottenga il prodotto finito.

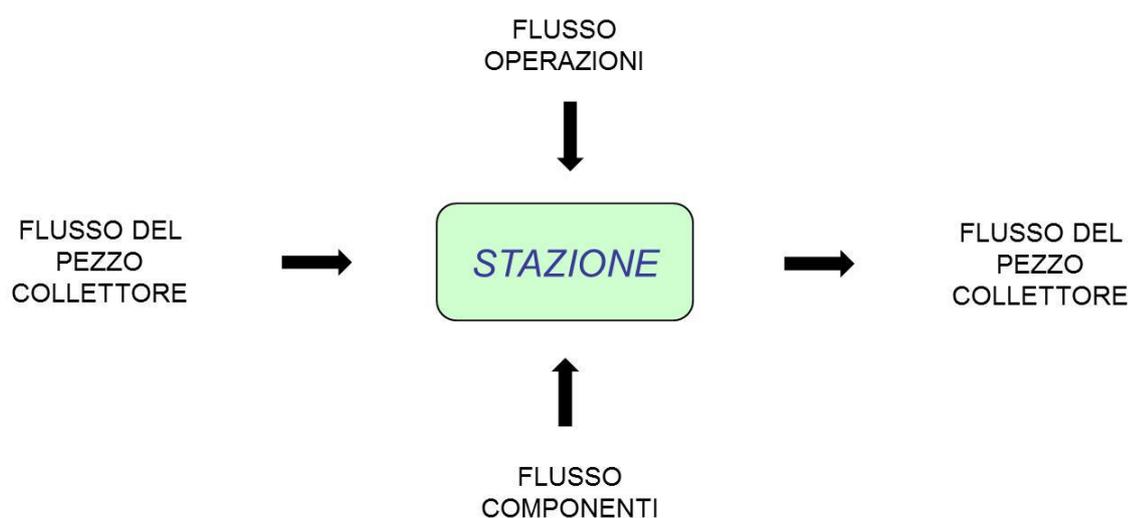


Figura 11. Flussi da sincronizzare nel sistema.

Per riuscire a svincolare il flusso dei pezzi da quello delle operazioni è necessario prevedere dei buffer interoperazionali e lo stoccaggio di materiali presso le stazioni per riuscire a svincolare il flusso delle operazioni e quello dei materiali. Il flusso del pezzo è caratterizzato dall'attraversamento, in successione, delle stazioni di assemblaggio secondo la sequenza prevista dal ciclo di montaggio. I lotti con cui si decide di realizzare i diversi modelli di prodotto sulla linea, sono dimensionati in modo da riuscire a minimizzare i problemi legati al set up della linea e a massimizzare il livello di servizio verso il magazzino prodotti finiti. L'obiettivo finale è quello di organizzare uno stabilimento basato sulle strategie lean e che quindi, riesca ad aumentare l'efficienza produttiva riuscendo allo stesso tempo a minimizzare i costi. Diventa quindi necessario per le aziende effettuare un'analisi che riporti:

- **Mappatura del flusso:** Il processo di gestione di ogni singolo componente deve essere descritto e mappato, a partire dall'area di ricevimento merci fino al punto di utilizzo all'interno dello stabilimento;
- **Creazione supermarket:** Per poter tenere sotto controllo i componenti di acquisto, l'ideale è quello di strutturare un supermarket di componenti in arrivo, direttamente in prossimità dell'area di ricevimento merci;
- **Implementazione logiche JIS e JIT:** La consegna dei materiali deve essere precisa e in grado di portare i componenti direttamente al punto di utilizzo. Il materiale deve arrivare "nella giusta quantità, al momento giusto, nel posto giusto, nella sequenza corretta";
- **Strutturazione di un processo PULL:** Il riapprovvigionamento dei materiali deve essere guidato da un sistema di segnalazione preciso, in maniera tale che ciascun punto di utilizzo possa richiedere ai punti di stoccaggio a monte solo i componenti di cui ha bisogno.

Una volta effettuata un'analisi dettagliata, è di fondamentale importanza per il conseguimento di una strategia lean, la realizzazione di un database che raccolga tutte le informazioni per ciascun componente. Il Plan For Every Part (PFEP) racchiude tutti i dati utili alla gestione del componente. Ogni azienda deve analizzare le categorie di informazioni che ritiene necessarie da inserire nel PFEP in base al proprio contesto e alle proprie esigenze. Questo strumento permette la flessibilità che ad oggi rappresenta un criterio decisionale di notevole importanza. Alcune categorie di informazioni tipicamente inserite nel database, che aiutano nella gestione del materiale sono:

- **Componente:** Carattere alfanumerico utilizzato per identificare il materiale;

- **Descrizione:** Nome materiale (es: perno, vite, guscio...);
- **Coefficiente di utilizzo:** N° di pezzi utilizzati per un prodotto finito;
- **Peso unitario:** Peso di un'unità di materiale;
- **Quantità box:** quantità del componente presente in un contenitore;
- **Tipo contenitore:** Tipologia di contenitore (es: a rendere, a perdere...);
- **Peso totale imballo:** Peso di un contenitore pieno di materiale;
- **Dimensioni dei contenitori:** Lunghezza, larghezza e altezza del contenitore;
- **Tipo di flusso:** Metodo di gestione di flusso del componente (es: two bin box...);
- **Dati macchina:** area in cui è presente la macchina, l'efficienza, il takt time, n° di turni...

Una volta accuratamente raccolte tutte le informazioni, il Plan For Every Part permetterà:

1. Una gestione di tipo lean dei materiali;
2. Lo sviluppo del supermarket per i componenti di acquisto, dei percorsi di consegna e dei segnali pull;
3. La registrazione di tutti i dati pertinenti ai vari componenti in un database centrale ed accessibile;
4. Ordinare i dati secondo differenti categorie e permettere analisi immediate ed efficaci per prendere le decisioni;
5. Offrire una risposta rapida ai reparti di produzione in merito ai componenti.

Attraverso la realizzazione del PFEP è possibile programmare la corretta gestione di ogni singolo componente sulle linee. Una volta che i componenti sono stati correttamente riportati all'interno del database va scelto il metodo di gestione degli stessi sulla linea. Il metodo operativo più utilizzato è il metodo kanban, il quale basa il suo funzionamento sull'utilizzo di cartellini contenenti le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti nel sistema produttivo. La gestione di quest'ultimi per mezzo del sistema a kanban permette:

- Una riduzione notevole delle scorte (fino al 90%);
- Risposte veloci ai cambiamenti di domanda;
- Riduzione di componenti resi in magazzino;
- Una semplificazione della programmazione.

Le informazioni generalmente riportate su un cartellino kanban sono:

- Il codice del componente
- Il fornitore del componente
- Il peso dello stesso
- La quantità presente nel contenitore
- L'autonomia del contenitore
- La quantità di contenitori presenti sul supermarket a bordo linea
- Il punto di riordino (ROP).

KANBAN 2/14 <small>IMPRESA SPA</small>		
	CODICE : KAT38W	DESCRIZIONE
QUANTITA': 50	LEAD TIME: 10	
FORNITORE: LOTTO:	POSIZIONE	
 BARCODE	 BARCODE	

Figura 12. Esempio cartellino Kanban.

L'utilizzo di supermarket a bordo linea gestiti con modalità kanban, dopo aver realizzato il PFEP, semplifica la gestione dei flussi dei componenti sia per gli operatori di linea sia per gli operatori che approvvigionano la linea dal magazzino.

4. Caso CEBI

Il progetto di tirocinio nasce dalla volontà dell'azienda di effettuare un'analisi di quelle che sono attualmente le attività di magazzino ed implementare le metodologie lean sulla movimentazione interna dei componenti. Una corretta gestione di quest'ultimi permette infatti, di aumentare notevolmente l'efficienza globale dello stabilimento produttivo. Nel corso degli anni i processi sono stati rivisitati con criterio da parte del management, però sono risultati contenere ancora procedure ormai obsolete ed inutili che comportano notevoli sprechi in termini di tempo: con questo progetto si vuole individuare e quantificare tali sprechi per effettuare delle azioni correttive. Per riuscire ad individuare lo spreco ed eventuali possibilità di miglioramento è necessario identificare in maniera chiara i processi che vengono svolti attualmente in azienda e per farlo è stata effettuata una mappatura dei processi. L'obiettivo è fornire al management uno strumento che permetta di avere una visione chiara delle attività di magazzino attraverso una mappatura con alto livello di dettaglio: completata la mappatura è stato assegnato un tempo a ciascuna di queste attività ottenendo in questo modo un tempo totale di attraversamento, da cui è stato possibile individuare le principali criticità per individuare dove è necessario concentrare gli sforzi di miglioramento. Al fine di implementare correttamente le metodologie della lean manufacturing, lo studio del flusso dei componenti è stato analizzato da quando giungono in sede sottoforma di materie prime a quando escono dallo stabilimento come prodotto finito destinato al cliente.

Gestire correttamente il proprio magazzino fornisce alle aziende un vantaggio competitivo, sia in termini di servizio al cliente, sia nella performance economica dell'impresa. Riuscire a gestire in maniera ottimale il magazzino è la chiave di successo di ogni azienda, poiché significa far sì che i prodotti siano reperibili nel momento in cui sono necessari per soddisfare le richieste del cliente.

In base alla fase di lavorazione in cui si trova il prodotto da stoccare, si possono individuare due tipologie differenti di magazzini: per materie prime e per prodotti finiti. Il primo viene costituito per superare eventuali imprevisti che sospendano i rifornimenti esterni. Il secondo magazzino, invece, è necessario per attenuare la differenza tra i ritmi di produzione e quelli di vendita. Ogni magazzino deve essere progettato per rispondere adeguatamente a tre tipologie di problematiche che possono essere:

- **Fisiche:** Determinazione delle superfici e dei volumi necessari, scelta dei mezzi di movimentazione e definizione del layout.
- **Operative:** Scelta di allocazione materiali, sistemi di picking, procedure di gestione dei materiali in arrivo e in uscita.
- **Gestionali:** Determinazione dei livelli di scorta, gestione degli inventari, dei costi e della manodopera.

Affinché un magazzino sia funzionale deve essere in grado di risolvere tempestivamente le problematiche descritte. In questo lavoro di tesi si è posta una maggior attenzione su quelle che sono le problematiche operative.

4.1. Layout magazzino materie prime MP1 e MP2

Un magazzino è suddiviso in zone, in base al tipo di prodotto che riceve e spedisce e alle attività che avvengono al suo interno. Per ottenere una gestione ottimale di ogni area del magazzino, bisogna prima di tutto analizzare le operazioni che verranno svolte al suo interno e i flussi delle merci che vi dovranno transitare. Le prime attività di mappatura realizzate sono state svolte nei magazzini materie prime: MP1 ed MP2. Dal Layout di seguito riportato (Figura 13) è possibile individuare le diverse aree che costituiscono i magazzini materie prime. La prima zona presente all'ingresso del magazzino è dedicata alla ricezione delle merci provenienti dai fornitori. Per semplificarne la comprensione, il layout è stato suddiviso in due zone: la zona A, che rappresenta la zona di arrivo dei materiali e di accettazione degli stessi e la zona B dove, invece, i materiali vengono stoccati in apposite scaffalature. La zona A è l'area destinata all'arrivo dei materiali in azienda (Figura 14) e in essa sono presenti tre operatori che svolgono molteplici funzioni quali:

- Scarico merci: Scarico della merce presente sugli autocarri provenienti dai fornitori e posizionamento della stessa nell'area di accettazione dedicata MRO.
- Controllo in ricezione: L'operatore svolge un controllo della bolla di ricezione ed un controllo quantitativo e qualitativo della merce giunta in magazzino.
- Stampa e applicazione etichetta: Per ogni materiale in arrivo è necessario applicare un'etichetta in cui sono riportate le informazioni necessarie per la gestione interna dello stesso.
- Stoccaggio del materiale: Il materiale in arrivo viene stoccato in zone predisposte prima di essere stoccato nelle apposite scaffalature presenti nella zona B.

Il processo di ricevimento inizia con l'arrivo del trasportatore che parcheggia il camion nell'area di scarico merci della zona A. All'ingresso del magazzino è presente l'ufficio di accettazione, dove avvengono le prime attività del processo di ricevimento. L'operatore predisposto verifica a terminale la corrispondenza della bolla di consegna con l'ordine emesso dall'ufficio acquisti. Nel caso in cui non ci siano incongruenze l'operatore procede con lo scarico dei bancali nella apposita area denominata MRO. In questa fase l'operatore addetto all'accettazione effettua anche una verifica qualitativa separando i materiali idonei da quelli non idonei, ponendo quest'ultimi in un box

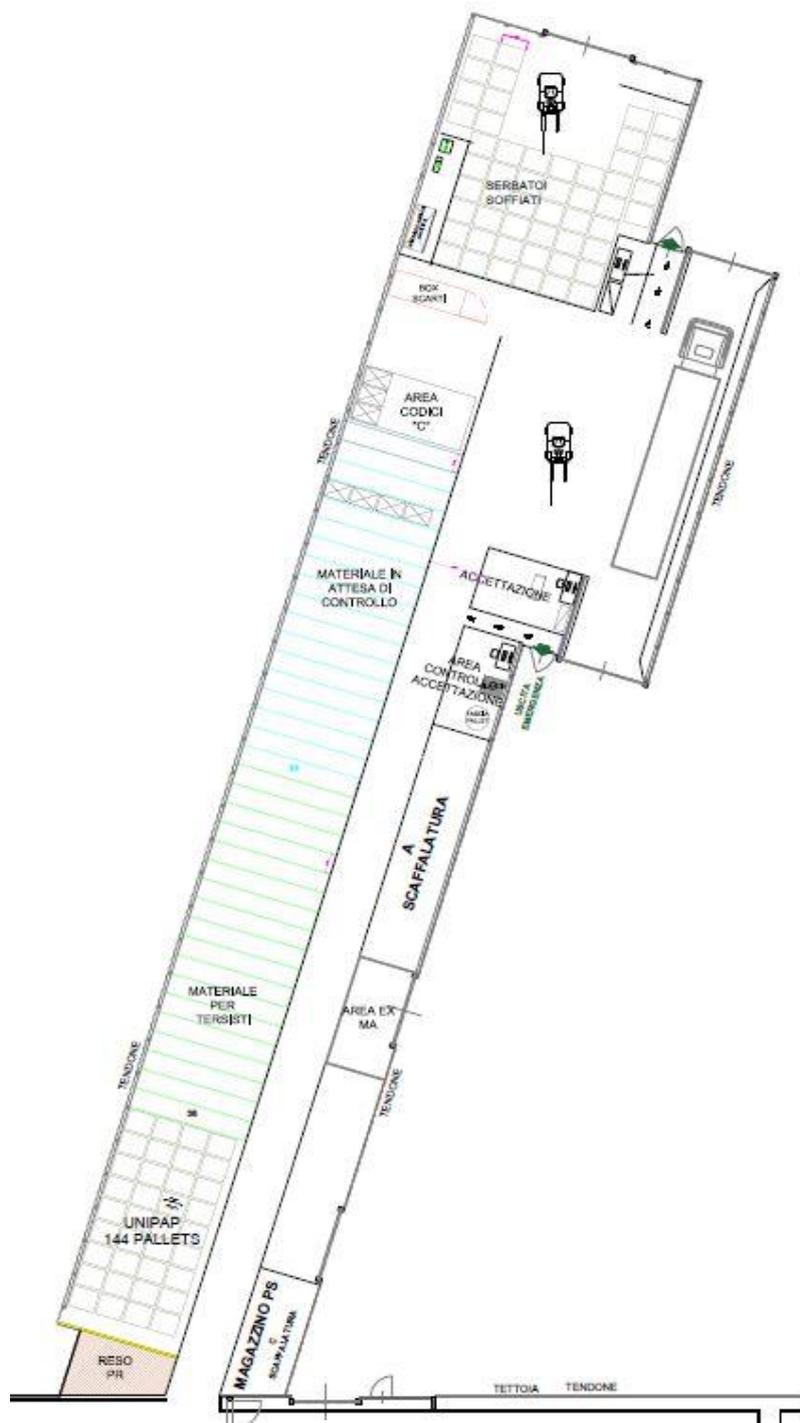


Figura 14. Zona A del Layout MP1 e MP2.

La zona B del magazzino (Figura 16) raffigura il Layout dei magazzini MP1 ed MP2. Questi magazzini sono utilizzati per lo stoccaggio delle materie prime. L'attività di stoccaggio è fondamentale in quanto impatta notevolmente sull'efficienza del magazzino e di conseguenza sulla produzione. Dovendo immagazzinare ingenti quantità di pallet l'azienda utilizza come attrezzatura di stoccaggio scaffalature per bancali. Queste scaffalature sono ideali per l'immagazzinamento di pallet poiché le singole unità di carico sono facilmente raggiungibili e permettono così di sfruttare lo spazio in altezza. Gli addetti ai magazzini MP1 ed MP2 sono tre operatori i cui compiti si suddividono in azioni di carico e scarico dalle scaffalature dei materiali ed il loro trasporto per l'approvvigionamento delle linee di produzione. Una volta che l'operatore della zona A scarica i bancali nei corridoi del magazzino MP1, gli operatori addetti a quest'area hanno il compito di posizionarli sulle scaffalature, ma, a causa di una mancanza di posti pallet vuoti, i bancali rimangono in corridoio generando problemi e disagi durante le operazioni di picking. L'assenza di una strategia di allocazione dei prodotti è sicuramente uno dei principali problemi che si sono riscontrati durante le operazioni di stoccaggio. Inoltre, gli operatori ricevono continuamente ordini dalla produzione e non riuscendo a stoccare il materiale in arrivo, vengono generate code di bancali che ostruiscono i corridoi tra le scaffalature impedendone l'accesso. In tal modo risulta impossibile prendere i materiali posizionati in fondo al corridoio (Figura 15).



Figura 15. Corridoio magazzino ostruito.

Per rifornire i supermarket presenti a bordo linea, vengono emessi buoni lista da far assolvere agli operatori in magazzino. La procedura per eseguire il picking dei materiali richiesti consiste dapprima in un controllo nel sistema, della posizione degli stessi all'interno del magazzino nel rispetto delle logiche del FIFO per poi effettuare l'operazione stessa utilizzando carrelli traslo elevatori. Dopo aver scaricato i bancali, essi vengono segnalati tramite un palmare e posizionati nell'area adibita presente sulla testa delle scaffalature. Uno degli operatori presenti nel magazzino ha il compito di rifornire le linee produttive. Questa operazione di approvvigionamento della produzione è svolta per mezzo dell'utilizzo di un veicolo merci composto da due transpallet.



Figura 16. Zona B del Layout MP1 e MP2.

Le attività appena descritte sono state riportate e schematizzate per mezzo di una flow chart per riuscire più facilmente a identificare il flusso operativo (Figura 17).

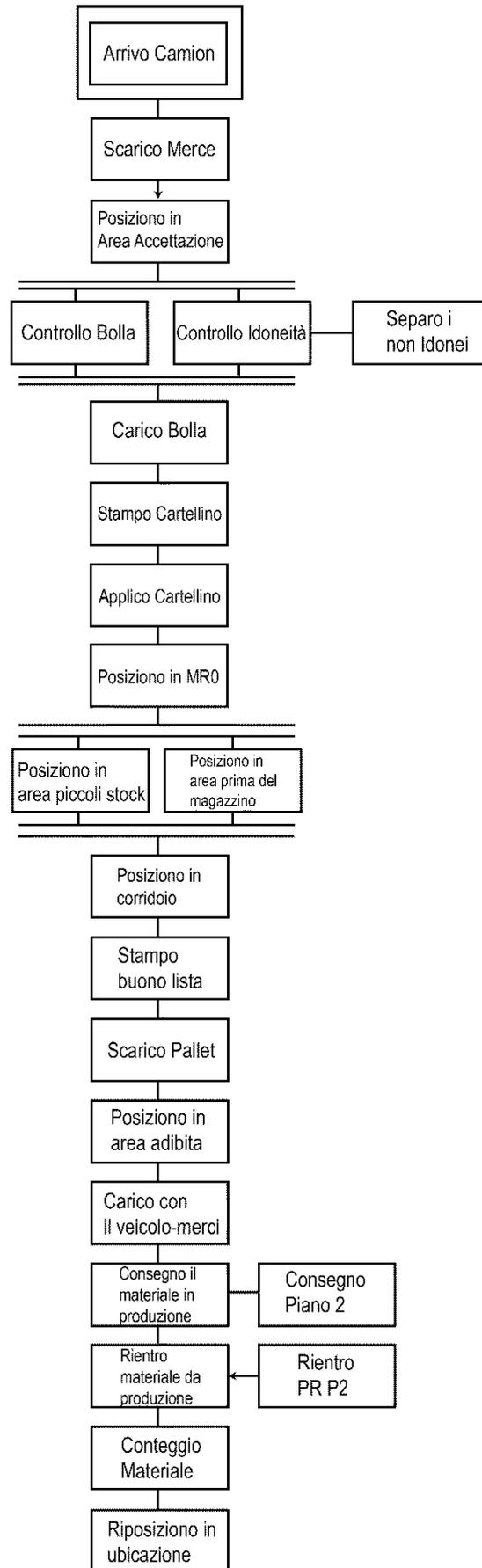


Figura 17. Flow Chart del flusso dei materiali.

Dopo aver eseguito una schematizzazione puntuale di tutte le attività svolte nel magazzino materie prime, è stata effettuata una raccolta dei tempi di ogni singola operazione ottenendo in questo modo un tempo totale di flusso. In figura (18) è rappresentata una tabella dove sono state riportate le voci:

- **Macro Attività:** Attività generali svolte nel flusso di movimentazione dei materiali;
- **Operazioni di base:** Singole operazioni appartenenti a diverse macro-attività;
- **Sotto operazioni:** Alcune operazioni dispongono di sotto operazioni in quanto non sempre queste vengono effettuate o è possibile effettuarne un'unica operazione per volta;
- **Valore Attività:** A ciascuna attività è stato associato un valore sulla base delle attività a valore aggiunto, non valore aggiunto e di spreco in ottica Lean;
- **Tempi attuali:** Tempi di svolgimento di ogni singola operazione di base e di sotto operazioni;
- **Media tempi:** Tempi calcolati attraverso una media affinché i dati possano essere riportati ad un'unica unità di misura per ogni operazione di base;
- **Totale attività:** Somma dei tempi di ogni operazione per ottenere il tempo di ciascuna macro-attività.

Successivamente, adottando la tecnica Lean, ciascuna operazione individuata è stata classificata in:

- attività a valore aggiunto (VA), evidenziato in verde;
- a non valore aggiunto (NVA), evidenziato in giallo;
- in attività di spreco (S), evidenziato in rosso.

Dai tempi raccolti risulta che il tempo totale di flusso di materiale nei magazzini materie prime è di circa 32 minuti. Purtroppo, di questo tempo il 42% circa viene speso per attività di spreco che andrebbero perciò eliminate. Le attività su cui è necessario un intervento immediato sono sicuramente:

1. L'applicazione dei cartellini ai pallet che entrano in magazzino;
2. Controllo disponibilità di ubicazione nei magazzini MP1 ed MP2;
3. La presenza di bancali nei corridoi dei magazzini che ne limitano l'accesso;
4. Ricollocazione e gestione dei PR ovvero di tutti quei materiali che vengono rispediti in magazzino dalle linee produttive a causa di un cambio modello.

Queste attività appena elencate sono senza alcun dubbio le maggior fonti di inefficienza nella movimentazione di materiale nei magazzini materie prime.

Macro Attività	Operazioni di base	Sotto Operazioni	Valore	Tempi Attuali (sec*pallet)	Media tempi	TOTALE ATTIVITA'
Arrivo camion	Arrivo		NVA			
	Attesa		S	variabile		
	Parcheggio		NVA			
Scarico Merce	Movimentazione muletto		NVA	15		
	Scarico pallet prima linea		VA	40		110
	Scarico pallet seconda linea		VA	55		
Posiziono in MR0	-		VA	10		10
Controllo bolla	Conteggio materiale		NVA	40		
	Verifica dati		NVA	35		75
Controllo idoneità	Check		NVA	20		20
	Divisione non idonei		NVA			
Carico bolla			NVA	25		25
Stampo cartellino			S	25		25
Applico cartellino			S	8 per box	240	240
Prima Ubicazione	Prendo muletto		NVA	20		
	Carico pallet		VA	11		
	Movimentazione	Area terzisti	NVA	13		
Ubicazione magazzino MP1		Corridoio MP1	NVA	37	18	68
		Zona MR1/2/3/4/5...	NVA	5		
			VA	8		
			VA	15		
			NVA	37-13-5	18	
Ubicazione magazzino MP1	Controllo disponibilità in MP1		S	40		
	Prendo trasloevatore		NVA	23		
	Carico Pallet		VA	15		
Ubicazione magazzino MP1	Ubico Pallet		VA	25		142
	Segnale ubicazione		VA	15		
tezza	Riposiziono trasloevatore		NVA	24		
Ubicazione magazzino MP2	Controllo disponibilità in MP2		S	67		
	Prendo muletto		NVA	10		
	Movimentazione in MP2		NVA	65		
Ubicazione magazzino MP2	Carico Pallet		VA	10		234
	Ubico Pallet		VA	25		
	Segnale ubicazione		VA	15		
	Riposiziono muletto da MP2		NVA	42		
Stampo buono lista			NVA	26		26
Scarico Pallet	Prendo trasloevatore		NVA	23		
	Movimentazione		NVA	12		
		Ubico		30	45	
Scarico Pallet	Prelevo Pallet in corridoio	Segnale ubicazione	S	15	58	222
		o			70	
		Sposto			70	
	Prelevo pallet selezionato		VA	20		
	Segnale prelievo		VA	15		
	Ubico in area predisposta		VA	20		
	Riposiziono pallet in corridoio		S	50		
Carico Trenino	Riposiziono trasloevatore		NVA	24		
	Prelevo Pallet 1		NVA	50		
Consegna in produzione P0	Prelevo Pallet 2		NVA	58		108
	Movimentazione		NVA			
	Posiziono su rulliera		VA	202	202	
Consegna in produzione P2	Ritorno		NVA			
	Movimentazione		NVA	17		277
	Carico Ascensore		NVA	25		
	Scarico Ascensore		NVA	27		
	Movimentazione		NVA	15		
Rientro PR	Posiziono su rulliera		VA	7 a box	210	
	Carico Ascensore		NVA	20		
	Scarico Ascensore		NVA	22		
	Ritorno		NVA	15		
Conteggio materiale PR	Movimentazione		S			
	Prelevo		S	120	120	120
	Ritorno		S			
Ubicazione in magazzino PR	Presenza visione		S	18		
	Stampo cartellino		S	30		60
	Applico Cartellino		S	12		
Ubicazione in magazzino PR	Controllo disponibilità per PR		S	40		
	Prendo muletto		S	20		140
	Movimentazione		S	25		
	Carico		S	15		
	Ubico		S	25		
	Riposiziono muletto		S	15		

Figura 18. Raccolta tempi e classificazione delle attività magazzini MP1 ed MP2.

4.3. Layout magazzino prodotti finiti PF

Il magazzino Prodotti finiti raccoglie tutti quei prodotti che subiscono lavorazioni o trasformazioni sulle linee e che sono destinati ai clienti. Il prodotto uscente dalle linee viene trasportato dal carrellista in una zona adibita al conteggio e all'etichettatura. Da questo punto l'operatore consegna i prodotti finiti nel magazzino predisposto passando sotto una tettoia per il passaggio esterno, evitando in questo modo che le condizioni meteo possano rovinare o danneggiare il materiale. Una volta all'interno del magazzino, gli operatori presenti segnalano in quale corridoio del magazzino è opportuno scaricare il prodotto. Il magazzino PF all'interno può essere suddiviso in 3 aree:

- L'area di gestione del magazzino
- Baie di carico pedane
- L'area di stoccaggio

Nell'area di gestione del magazzino vengono eseguite tutte quelle azioni che riguardano la parte burocratica di gestione degli ordini. In quest'area gli operatori gestiscono le bolle di prelievo inviategli direttamente dall'area logistica. Quando viene effettuata una stampa di una bolla di prelievo, gli operatori eseguono la lettura di essa per poter compiere delle query di posizione sul gestionale affinché sia possibile individuare l'ubicazione di tutti quei codici prodotto riportati sulla bolla di riferimento. L'operazione sicuramente più dispendiosa in termini di tempo è quella della creazione del buono lista. Nel magazzino materie prime, l'operatore deve stampare la lista dei codici prodotto richiesti dalle linee produttive, mentre, nel magazzino prodotti finiti, è l'operatore che legge la bolla e a dover interrogare il gestionale con i codici richiesti per riuscire ad individuare l'ubicazione. Una volta che quest'ultima è stata individuata l'addetto deve descrivere su un foglio appositamente predisposto il prodotto e la propria ubicazione affinché i colleghi possano facilmente eseguire le operazioni di scarico. In questa area inoltre vengono eseguite le operazioni di compilazione dei documenti CMR destinati ai clienti che verranno a prelevare il prodotto.

Nell'area destinata alle baie di carico pedane vengono posizionati tutti i pallet che devono essere preparati per la partenza. In quest'area sono di solito presenti due operatori: un operatore segnala il pallet (o in alcuni casi tutte le cassette di quel pallet con un'etichetta), mentre il secondo operatore, per mezzo di uno scanner laser, segnala l'etichetta in uscita appena applicata. Gli operatori presenti in quest'area, inoltre, eseguono l'operazione di imballaggio per le pedane. Una volta che il pallet in questione è pronto per essere spedito viene posizionato dagli addetti in una zona predisposta situata al di fuori del magazzino, facilitando così le operazioni di carico.

L'area di stoccaggio, invece, è la zona contenente le scaffalature e dove vengono ubicati i pallet dei prodotti finiti. A quest'area di solito sono addetti due operatori che per mezzo dell'utilizzo di traslo-elevatori eseguono le azioni di carico e scarico. L'azione di picking è sicuramente un'azione cruciale all'interno dei magazzini in quanto l'operatore in questione deve effettuare prima una lettura del buono lista, precedentemente compilato nell'area di gestione del magazzino, per poi effettuare l'azione di prelievo del bancale scelto. Durante quest'azione l'addetto con uno scanner laser segnala il codice del pallet selezionato per indicare che esso non è più presente nel magazzino. Una volta prelevato, il bancale viene posizionato in una zona predisposta, situata sulla "testa" delle scaffalature, dove successivamente verrà prelevato per far sì che vengano eseguite le azioni della baia di carico pedane.

La mappatura del magazzino prodotto finito ha permesso l'individuazione di tutte le azioni che vengono svolte in esso e che sono state riportate in una flow chart (Figura 19) per semplificare la raccolta tempi di ciascuna operazione.



Figura 19. Flow Chart PF.

Dopo aver eseguito una schematizzazione puntuale di tutte le attività svolte nel magazzino prodotto finito è stata effettuata una raccolta dei tempi di ogni singola operazione ottenendo così un tempo totale di flusso. In Figura (20) è rappresentata una tabella dove sono state riportate le voci:

- **Macro Attività:** Attività generali svolte nel flusso di movimentazione dei materiali;
- **Operazioni di base:** Singole operazioni appartenenti a diverse macro-attività;
- **Sotto operazioni:** Alcune operazioni dispongono di sotto operazioni in quanto non sempre queste vengono effettuate o è possibile effettuarne un'unica operazione per volta;
- **Valore Attività:** A ciascuna attività è stato associato un valore sulla base delle attività a valore aggiunto, non valore aggiunto e di spreco in ottica Lean;
- **Tempi attuali:** Tempi di svolgimento di ogni singola operazione di base e di sotto operazioni;
- **Media tempi:** Tempi calcolati attraverso una media affinché i dati possano essere riportati ad un'unica unità di misura per ogni operazione di base;
- **Totale attività:** Somma dei tempi di ogni operazione per ottenere il tempo di ciascuna macro-attività.

Successivamente, adottando la tecnica Lean, ciascuna operazione individuata è stata classificata in:

- attività a valore aggiunto (VA), evidenziato in verde;
- a non valore aggiunto (NVA), evidenziato in giallo;
- in attività di spreco (S), evidenziato in rosso.

Dai tempi raccolti risulta che il tempo totale di flusso di materiale nei magazzini materie prime è di circa 24 minuti. Per correggere fin da subito le attività a cui corrispondono un tempo di spreco più elevato è necessario implementare, all'interno del magazzino prodotto finito, un sistema gestionale che permetta agli operatori di eseguire operazioni di creazioni liste in maniera automatica e non manuale. Questa modifica permetterebbe agli operatori presenti in questo magazzino una maggior agevolazione su quelle che sono le operazioni di scarico attualmente influenzate da errori umani.

Macro Attività	Operazioni di base	Sotto Operazioni	Valore	Tempi Attuali (sec*pallet)	Media tempi	TOTALE TEMPI
Prelevo da produzione	Movimentazione da magazzino		NVA			
	Carico pallet		VA	105		105
	Ritorno in magazzino		NVA			
Pre Ubicazione	Posizione in area scelta		S	6		
	Segnalo codice PF		VA	1 per box / 80 per pallet	80	86
Prima ubicazione	Carico pallet		VA	5		
	Movimentazione		NVA	75		
	Controllo disponibilità		S	5		139
	Scarico pallet	Corridoio magazzino	VA	4		
	Riposiziono muletto		NVA	50		
Ubicazione in magazzino	Prendo trasloelevatore		NVA	5		
	Carico pallet		VA	10		
	Movimentazione		NVA	24		69
	Ubico pallet		VA	20		
Lettura bolla	Segnalo ubicazione		VA	10		
			NVA	5		
	Unisco bolla al cartellino per prodotto		S	30		76
Creazione buono lista		S	23 per codice	23		
Ricerca codici di ubicazione		S	18 per codice +5	18		
Prelievo	Controllo liste		NVA	9		
	Movimentazione		NVA	24		109
	Prelevo pallet		VA	23		
	Movimentazione indietro		NVA	35		
	Ubico in area predisposta		VA	18		
Posiziono in area cartellini	Prendo muletto		NVA	5		
	Carico pallet		VA	10		42
	Movimentazione		NVA	12		
	Scarico pallet		VA	8		
Segnalo etichetta uscita	Riposiziono muletto		NVA	7		
			NVA	4 per box	120	120
	Applico etichetta		NVA	11 per box	330	330
Imballo pedana	Prendo muletto		NVA	5		
	Carico pallet		VA	8		118
	Posiziono in area		VA	25		
Ubico in area esterna	Imballaggio		VA	80		
	Prelevo imballo		VA	8		
	Movimentazione		NVA	30		64
	Scarico in area esterna		VA	10		
Carico Camion	Riposiziono muletto		NVA	16		
	Prendo muletto		NVA	5		
	Movimentazione		NVA	9		49
	Carico pallet	1 livello	VA	8		
Documenti CMR trasportatore		2 livello	VA	12		
	Riposiziono Muletto		NVA	15		
Stampa e firma	Compilo documenti		NVA	25		85
	Stampa e firma		NVA	60		

Figura 20. Raccolta tempi e classificazione delle attività magazzino PF.

4.4. Layout linee di produzione

Le linee produttive rappresentano il cuore pulsante di un'azienda manifatturiera. In Figura (21) è riportata il layout delle linee dello stabilimento del piano terra. Quest'area può essere suddivisa in due aree distinte: l'area costituita da linee per l'assemblaggio (delimitate in blu) e l'area adibita all'iniezione, soffiaggio e stampaggio (in verde).

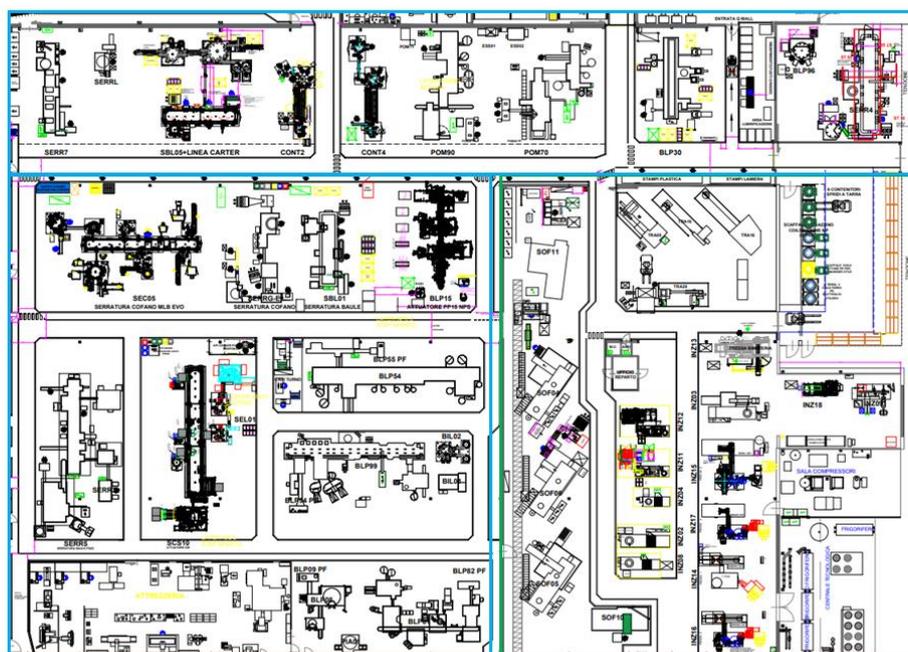


Figura 21. Layout stabilimento piano terra.

Nell'area di assemblaggio sono state evidenziate in rosso (Figura 22) le linee su cui vengono eseguite le analisi e suggerite delle azioni correttive per riuscire ad aumentarne l'efficienza. Le linee analizzate in questo studio sono:

- SCS10
- SERR5 e SERR3
- SEC05
- SERRG

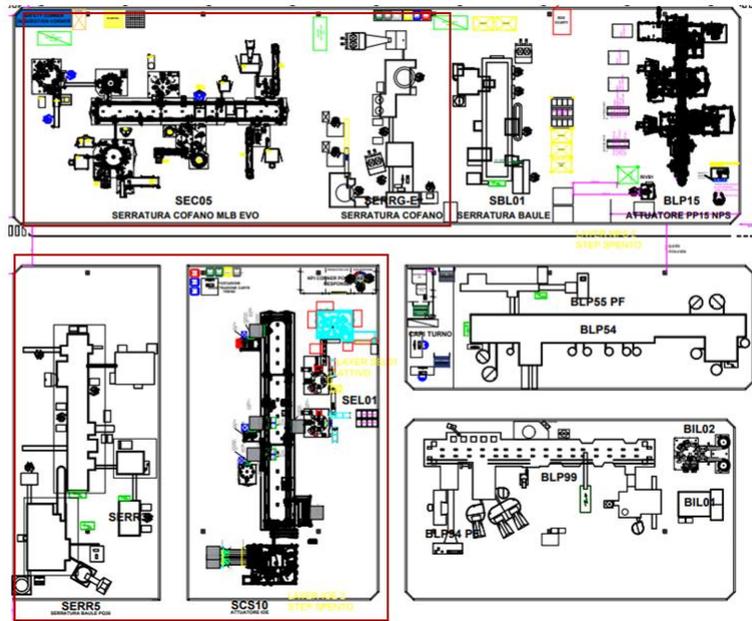


Figura 22. Linee produttive analizzate.

Per tutte le linee è stato necessario effettuare una revisione per la gestione del materiale.

4.4.1 Linea: SCS10

La prima linea analizzata è la linea SCS10, una linea di attuatori da poco inserita all'interno dello stabilimento. In Figura 23 è rappresentato il layout della linea.

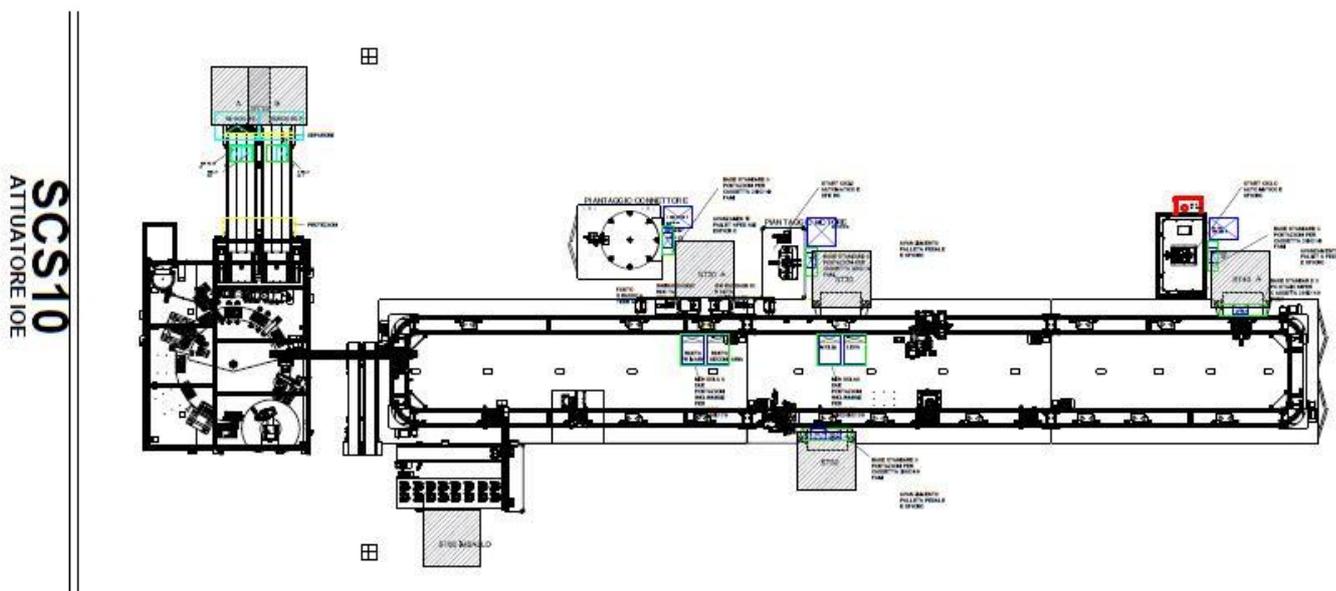


Figura 23. Layout linea SCS 10.

Prima di procedere con la descrizione delle modifiche eseguite sul layout dei materiali è bene comprendere quelle che sono le operazioni che avvengono sulle stazioni della linea.

Come prima azione l'operatore carica sul nastro i componenti opportuni (piastra inferiore e coperchio). Una volta che questi giungono sul centro di lavoro subiscono le seguenti operazioni:

1. Piantaggio di spine;
2. Piantaggio di supporti motore e boccole;
3. Dosatura grasso su cuscinetto inferiore e superiore e sui supporti motore;
4. Dosatura grasso con robot;
5. Rilevazione elementi e grasso attraverso l'utilizzo di una telecamera;

Quando i pezzi escono dal centro di lavoro avviene il trasferimento dei pezzi idonei sulla linea e lo scarto su nastro di quelli non conformi, rilevati tramite lo strumento di visione presente sul centro di lavoro. Il secondo operatore presente sulla linea ha il compito di eseguire le azioni di carico e ingrassaggio della ruota primaria e secondaria ed il carico dell'assieme connettore più micro. Dopo

aver eseguito tali operazioni avviene su stazione manuale il carico assieme motore/vite e il carico molla più leva. Successivamente si ha per mezzo di una stazione automatica la saldatura del motore. Il terzo operatore presente sulla linea ha il compito di eseguire l'ingrassaggio e il carico del gruppo della ruota terziaria, precedentemente assemblato fuori linea. Il motore del pezzo viene alimentato per fasatura. Le quattro operazioni successive sono automatiche e sono costituite da due avvitature di quattro viti ciascuna e due operazioni di collaudo. Un operatore esegue il carico del copri camma e il carico di tre piedini prima che sulla stazione automatica avvenga la saldatura e il controllo della posizione della camma. Infine, come ultima operazione è presente l'imballaggio del prodotto finito realizzato.

La linea è stata da poco inserita all'interno dello stabilimento. Il problema rilevato fin da subito sul layout circostante è l'utilizzo inappropriato dello spazio attorno alla linea. Non essendo entrata ancora a regime ed essendo in fase di collaudo, lo spazio destinato alla gestione dei materiali della linea è stato occupato da materiali utilizzati dalle linee limitrofe (Figure 24, 25, 26, 27) creando in questo modo un disordine sulla gestione dello spazio dei componenti che andranno utilizzati sulla SCS10.



Figura 24. Layout intorno alla linea SCS.



Figura 25. Layout intorno alla linea SCS.



Figura 26. Layout intorno alla linea SCS.



Figura 27. Layout intorno alla linea SCS.

Sono stati identificati i codici utilizzati lungo la linea e per ognuno di essi è stato compilato il PFEP riuscendo in questo modo ad identificare la gestione più conforme per ciascun elemento. Dall'analisi effettuata è risultato che su 19 codici: 7 andranno gestiti Two bin pallet, 2 saranno gestiti Two bin box e 10 andranno gestiti su rulliera. Dopo aver eseguito questa analisi, sono stati applicati i risultati ottenuti sul layout della linea, disponendo in maniera corretta i codici utilizzati ed eliminando quelli in eccesso. Questo lavoro permette agli operatori di avere un'area intorno alla linea efficace per il proprio lavoro.

4.4.2. Linea: SERR5

La seconda linea analizzata è stata la SERR5 essa come è possibile vedere in figura 28 è composta anche da un'ulteriore linea la SERR3, sulla quale vengono assemblati dei componenti che riforniscono la linea stessa. Il prodotto finito di questa linea è una serratura per il baule di autoveicoli.

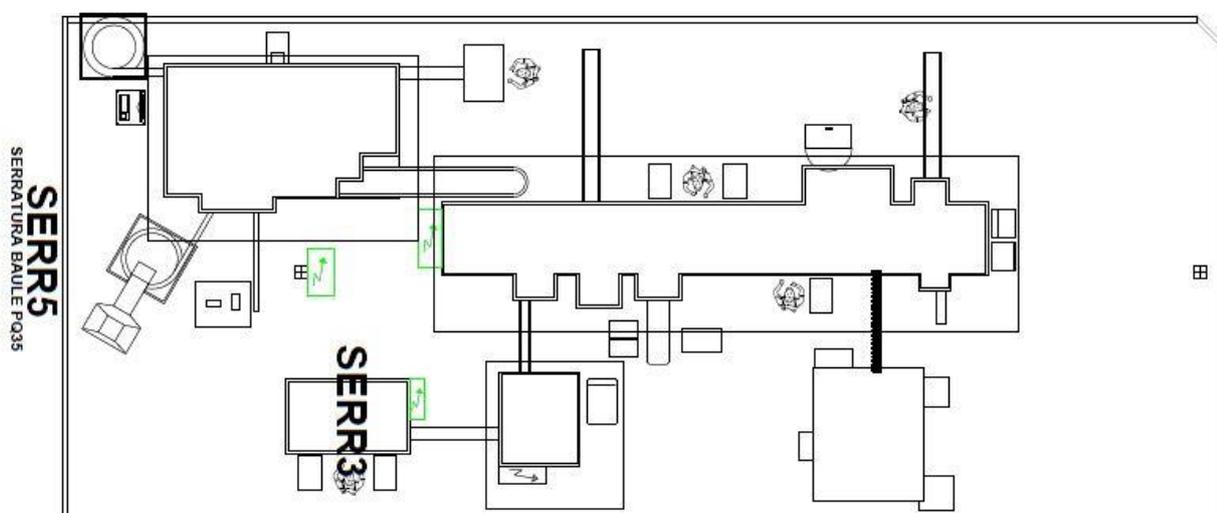


Figura 28. Layout linea SERR5

Di seguito vengono riportate le operazioni eseguite sulle stazioni che costituiscono la linea:

1. Aspirazione
2. Trasferimento attuatore da SERR3
3. Inserimento motore
4. Trasferimento motore da tavola PQ350
5. Motore + Carter + Ingrassaggio
6. Collaudo
7. Inserimento cartella inferiore
8. Inserimento boccola
9. Inserimento leva apertura
10. Gancio + Salterello+ Molla (manuale)
11. Attuatore + Piastra
12. Ingrassaggio

13. Assemblaggio carter + puffer
14. Cartella superiore + Puffer + Carter inferiore (manuale)
15. Carico perni
16. Trasferimento
17. Caricamento copri serratura (manuale)
18. Rullatura + serratura laser
19. Assemblaggio antifurto (manuale)
20. Imballo (manuale)

In ogni linea la gestione dei materiali è di cruciale importanza in quanto impatta direttamente sull'efficienza degli operatori che eseguono i compiti sulla stessa ma anche di coloro che lavorano nello stabilimento (es. Carrellisti). Dalle immagini in Figura 30 è possibile notare come sono presenti bancali di componenti in attesa di lavorazione al di fuori dell'area predisposta a contenerli. Ciò impatta anche sul lavoro di approvvigionamento dei materiali da parte degli operatori di magazzino che per transitare finiscono sul percorso pedonale creando un problema di sicurezza per i dipendenti. Inoltre, dalla foto si può notare che il materiale in attesa di lavorazione o che dovrebbe essere rispedito in magazzino come PR è stato lasciato nelle vicinanze della linea in un'area adibita alla linea SCS10.



Figura 30. Layout intorno alla linea SERR5.



Figura 31. Layout intorno alla linea SERR5.



Figura 32. Materiale PR intorno alla linea SERR5.

Una scorretta gestione del layout e dei componenti intorno alle linee causano gravi problemi di inefficienza. Per questo motivo utilizzando quelle che sono le 5S della lean manufacturing si è liberata l'area contenente il materiale in eccesso, si è posizionato in maniera corretta il materiale necessario al funzionamento della linea e si è pianificato una metodologia corretta che possa consentire agli operatori di mantenere un ambiente ordinato, pulito ed efficace.

4.4.3. Linea: SEC05

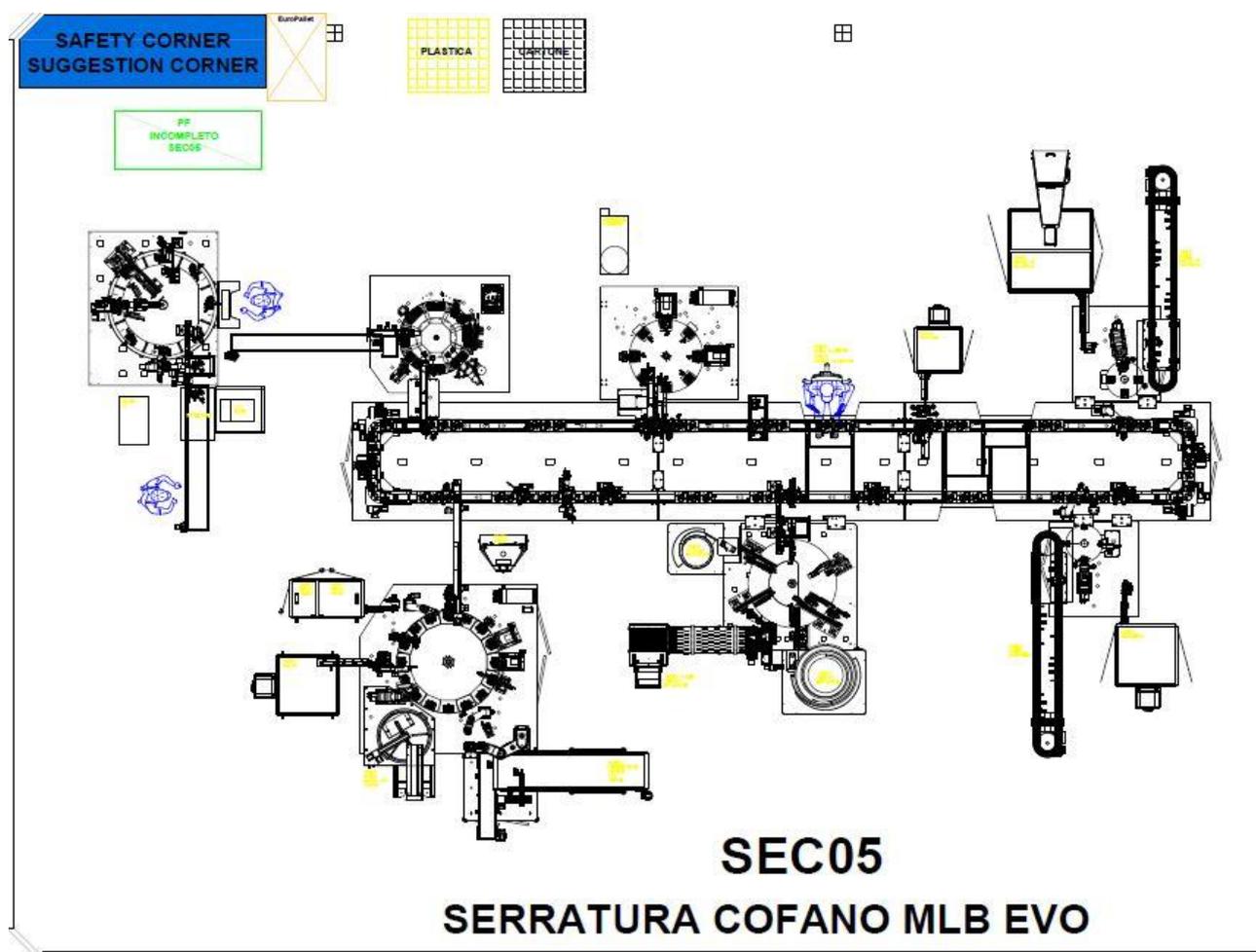


Figura 33. Layout linea SEC05.

La linea SEC05 (Figura 33) si occupa dell'assemblaggio volto alla costituzione di serrature cofano per autoveicoli. Le operazioni di un ciclo di lavorazione sono:

- 1T10: Carico perni
- 1T20: Controllo presenza perni
- 1T30: Ingrassaggio perni
- 1T40: Carico gancio
- 1T60: Carico molla gancio
- 1T90: Carico piastra inferiore
- 1T110: Controllo presenza molla

- 1T120: Rullatura perno salterello
- 1T130: Rullatura perno gancio
- 1T140: Aspirazione rullatura
- 1T160: Scarico tavola 1
- ST20: Ingrassaggio gancio
- ST30: Ingrassaggio perno gancio
- ST40: Telecamera controllo presenza e posizione componenti e ingrassaggio
- 2T10: Carico cursore
- 2T20: Carico molla espulsore
- 2T30: Carico cilindro espulsore
- 2T40: Ribaltamento gruppo espulsore
- 2T50: Controllo forza molla
- 2T60: Scarico tavola 2: Assemblaggio gruppo espulsore su serratura
- ST60: Telecamera controllo presenza gruppo espulsore
- 3T10: Carico salterello e molla salterello
- 3T20: Orientamento gruppo salterello
- 3T30: Scarico tavola 3: Assemblaggio gruppo salterello su serratura
- ST80: Telecamera controllo presenza gruppo salterello
- 4T10: Carico gancio di sicurezza e molla gancio di sicurezza
- 4T30: Scarico tavola 4: Assemblaggio gruppo gancio di sicurezza su serratura
- ST90: Carico boccole
- ST110: Assemblaggio manuale piastra superiore
- ST120: Telecamera controllo presenza componenti
- 5T10: Carico tavola 5
- 5T30: Rullatura perno salterello
- 5T50: Rullatura perno gancio
- 5T70: Aspirazione rullatura
- 5T80: Scarico tavola 5
- 6T10: Carico tavola 6
- 6T20: Dosatura resina
- 6T30: Controllo dosatura resina

- 6T40: Polimerizzazione led resina
- 6T50: Polimerizzazione UV resina
- 6T60: Controllo resina
- 6T70: Scarico tavola 6
- 6T80: Ribaltamento serratura
- 7T10: Carico manuale serratura su tavola 7 + Assemblaggio connettore
- 7T30: Collaudo 1: Forza di espulsione
- 7T40: Collaudo 2: Micro + Forze
- 7T50: Collaudo 3: Commutazione micro
- 7T70: Timbratura a getto d'inchiostro
- 7T80: Scarico tavola 7
- Imballo

In questo studio, la SEC05 è stata la linea più analizzata nel dettaglio in quanto presentava diverse criticità. Per riuscire ad analizzare le fonti di inefficienza è stato effettuato un Audit logistico sulla linea stessa. In Figura 34 è riportato quello che è il modulo su cui si è basata l'analisi.

		CHECK LIST AUDIT LOGISTICO					Codice Mod.:
							Data Mod.:
							Livello di confidenzialità:
<i>CDL:</i>							
<i>Auditor:</i>							
<i>Data:</i>		4 o più anomale	3 anomale	2 anomale	1 anomalia	0 anomale	
		0	3	6	40	100	
Sicurezza							
1	Il materiale non è presente nell'area pedonale o in aree che intralcino il passaggio					x	
2	L'area della linea è facilmente percorribile					x	
3	Le vie d'accesso ed uscita nell'area sono libere ed è indicato chiaramente il percorso di uscita in caso di emergenza.				x		
4	Gli estintori sono facilmente accessibili e la loro segnalazione è facilmente visibile anche a distanza				x		
5	Le rulliere e i ribaltatorio sono integri e funzionanti					x	
Totale Sicurezza						380	
Livello di eccellenza raggiunto Sicurezza						76,00%	
		0	3	6	40	100	
Organizzazione dell'area di lavoro							
6	Il Layout è rispettato sulle postazioni manuali					x	
7	Lo zoning indicato è rispettato (se presente)						
8	Vengono rispettati i Lead time di approvvigionamento						
9	Sono rispettati i codici riportati sulle etichette					x	
10	Il quantitativo complessivo di ogni materiale presente nella postazione di lavoro rispetta le quantità previste (materiali a kanban, two bin, pallet)	x					
11	La tipologia dell'imballo è conforme con la politica aziendale					x	
12	Ogni componente utilizzato è correttamente classificato (gestione)					x	
13	L'approvvigionamento del materiale è facilmente accessibile				x		
14							
Totale Organizzazione dell'area di lavoro						440	
Livello di eccellenza raggiunto Organizzazione dell'area di lavoro						73,33%	
		0	3	6	40	100	
Ambiente							
15	Gli imballi a perdere sono correttamente smaltiti				x		
16	Il materiale è correttamente riciclato					x	
Totale Ambiente						40	
Livello di eccellenza raggiunto Ambiente						40,00%	
		0	3	6	40	100	
Gestione visuale							
17	L'ubicazione del materiale sulle linee è facilmente identificabile	x					
18	Le rulliere sono identificate	x					
19	Le linee sono facilmente distinguibili					x	
Totale Gestione visuale						100	
Livello di eccellenza raggiunto Gestione visuale						33,33%	
		0	3	6	40	100	
Persone							
20							
Totale Persone						0	
Livello di eccellenza raggiunto Persone						0,00%	
Esito Audit:						64%	

Figura 34. Check list audit logistico.

Rispettivamente nelle Figure 35, 36, 37 sono riportate solo alcune delle anomalie riscontrate sulla linea:



Figura 35. Le rulliere non sono correttamente identificate.

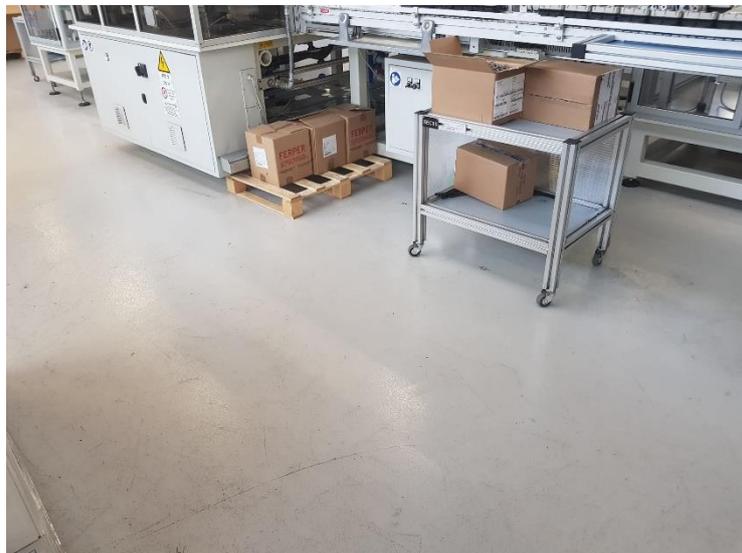


Figura 36. Presenza di componenti a terra.



Figura 37. Vie d'uscita non libere ed estintore non facilmente raggiungibile.

Una volta individuate le anomalie è stata effettuata un'analisi dei componenti per la realizzazione del PFEP. Ciò ha permesso di ridurre le irregolarità ma soprattutto di gestire nella maniera più consona tutti i componenti necessari alla realizzazione del prodotto finito.

4.4.4. Linea: SERRG

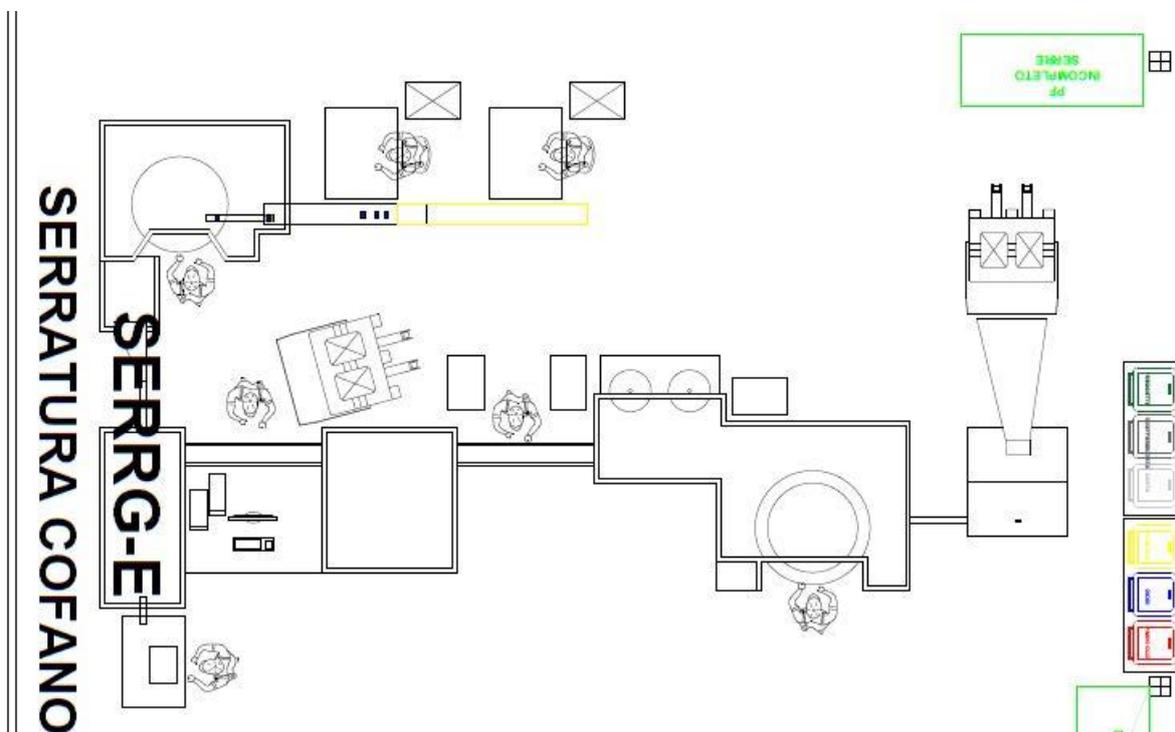


Figura 38. Layout linea SERRG.

In Figura 38 è riportato il layout della linea SERRG predisposta alla realizzazione di serrature per cofano. Le operazioni che vengono svolte lungo la linea sono:

- Carico piastra superiore
- Carico gancio di sicurezza
- Carico molla di sicurezza
- Montaggio leva gancio
- Montaggio leva sgancio
- Montaggio carcassa
- Inserimento boccola destra
- Inserimento boccola sinistra
- Montaggio molla gancio
- Montaggio molla sgancio
- Assemblaggio piastra inferiore
- Assemblaggio bowden fuori linea

Nelle Figure 33, 40, 41 è possibile notare quelle che sono le anomalie di gestione dei materiali.



Figura 39. Presenza di materiale non correttamente gestito.



Figura 40. Presenza del materiale al di fuori della posizione prestabilita.



Figura 41. Presenza di materiale in attesa di lavorazione in aree destinate all'accesso e l'uscita.

Dopo aver analizzato attentamente la linea, è stato compilato il PFEP che ha permesso di trovare una miglior disposizione e di conseguenza una migliore gestione dei componenti.

5. To Be

Nel seguente capitolo vengono riportati gli strumenti tecnologici dell'Industria 4.0 necessari per ottenere un miglioramento dell'efficienza di tutte le attività della logistica interna dello stabilimento produttivo. Con l'interazione uomo-macchina si punta ad ottimizzare le prestazioni e razionalizzare i costi.

5.1 Warehouse Management System (WMS)

Per riuscire ad incrementare una gestione efficace nella gestione dei prodotti e nelle operazioni svolte in magazzino è opportuno investire in un software di gestione del magazzino per essere competitivi nel breve e nel lungo termine. Un sistema di gestione del magazzino o Warehouse Management System (WMS) mira principalmente a controllare il movimento e lo stoccaggio dei materiali all'interno di un magazzino ed elaborare le attività associate, includendo la spedizione, ricezione, stoccaggio e prelievo. Il WMS è un'applicazione informatica basata su database per migliorare l'efficienza del magazzino dirigendo le sezioni, mantenendo un inventario accurato e registrando le transazioni di magazzino. I sistemi inoltre indirizzano e ottimizzano le informazioni puntuali di magazzino sullo stato di utilizzo dei contenitori. La funzione principale di un sistema di controllo del magazzino è ricevere le informazioni dal sistema host di livello superiore e tradurle per le operazioni quotidiane. L'obiettivo comune è quello di garantire una situazione in cui i dipendenti del magazzino non debbano mai riscrivere le informazioni perché le trovano già in un sistema o raccolte automaticamente dal sistema di controllo del magazzino [22].

Sulla base del sistema di controllo del magazzino, la letteratura distingue tre tipi di sistemi di gestione del magazzino [23]:

1. WMS di base: questo sistema è adatto a supportare solo il controllo delle scorte e della posizione. È utilizzato principalmente per registrare le informazioni.

2. WMS avanzato: è in grado di pianificare risorse e attività per sincronizzare il flusso delle merci in magazzino sull'analisi della produttività, delle scorte e delle capacità.
3. WMS complesso: è possibile ottimizzare un magazzino o un gruppo di magazzini. Sono disponibili informazioni su ciascun prodotto in termini di dove si trova (tracciabilità e rintracciabilità) e quale è la propria destinazione (pianificazione, esecuzione e controllo). Inoltre, un sistema complesso offre funzionalità aggiuntive come il trasporto e la pianificazione della logistica a valore aggiunto che aiutano ad ottimizzare le operazioni di magazzino nel loro insieme.

I WMS possono essere sistemi autonomi o moduli di sistema (Enterprise Resource Planning) con lo scopo principale di controllare il movimento e lo stoccaggio dei materiali all'interno del magazzino. Una corretta gestione del magazzino permette di evitare gli sprechi individuati che incidono direttamente sull'operatività dell'azienda. L'utilizzo di un software incide positivamente sulle operazioni di logistica interna quali:

- Movimentazione dei materiali
- Operazioni di stoccaggio
- Operazioni di picking

In tal caso si evitano problemi dovuti alla poca sicurezza nello svolgimento delle fasi operative e all'assenza di un piano per l'ottimizzazione delle risorse.

In uno scenario dominato dalle nuove tecnologie, la componente digitale, così come le infrastrutture informatiche, si convertono in strumenti indispensabili per le aziende. Il WMS è oggi un perno attorno al quale ruotano, in modo fluido e preciso, tutte le fasi operative di un magazzino.

Nella sistemazione delle merci all'interno del magazzino bisogna considerare la rotazione dei prodotti ed è auspicabile realizzare un'analisi delle merci per suddividerle in classi (ABC). In questo modo si sistemano i prodotti di tipo A nei punti più vicini e accessibili agli operatori, e le categorie B e C nelle zone più distanti dell'impianto.

Il criterio di ubicazione utilizzato nelle scaffalature condiziona il modo di lavorare e la capacità effettiva.

Esistono tre modalità per determinare l'ubicazione di ciascuna unità di carico:

1. Ubicazione specifica o fissa: a ciascun articolo si assegna una posizione fissa. Il vantaggio di questo criterio consiste nella facilità di localizzazione delle referenze. Gli operatori conoscono l'ubicazione di ogni articolo senza ricorrere ad alcun ausilio informatico. Lo svantaggio consiste nella perdita di capacità effettiva, di gran lunga inferiore a quella fisica (numero di posti pallet). Un criterio del genere è ideale in magazzini di dimensioni ridotte che non richiedono software o sistemi gestionali.
2. Ubicazione aleatoria: la merce viene stoccata in una postazione libera a caso, secondo una logica prestabilita e programmata nel software che tiene conto dell'analisi ABC. Il sistema, con tutti i dati inseriti, incluse le ubicazioni libere, indica all'operatore dove stoccare la merce o dove si trova. Lo stoccaggio caotico avvicina la capacità effettiva alla capacità fisica, con la possibilità che possa oltrepassare il 92%.
3. Ubicazione mista o semialeatoria: combina il sistema specifico e quello aleatorio in funzione della tipologia di prodotto o dell'operazione da realizzare. L'ubicazione specifica viene dunque utilizzata per prodotti ad alta rotazione, che si trovano vicini alle baie di carico o alle aree di picking, mentre quella aleatoria per prodotti delle aree di riserva.

La gestione dei vani nei sistemi specifici segue criteri di produttività legati all'ottimizzazione dei percorsi di preparazione degli ordini. Risparmiare tempo, capitale ed energie nella supply chain è cruciale per aumentare i profitti e continuare a investire nell'innovazione.

Il WMS è il software di gestione di magazzino o programma usato per controllare, coordinare e ottimizzare i movimenti, i processi e le fasi operative che si svolgono all'interno di un impianto, dalle funzioni più elementari, come il controllo delle scorte e delle giacenze, fino alle attività più complesse, gestione del ricevimento delle materie prime o sincronizzazione con i sistemi ERP. Quando si parla di WMS, ci si riferisce a un sistema avanzato e complesso che, una volta integrato nel sistema ERP aziendale, contribuisce al monitoraggio dei prodotti in magazzino e dei processi della supply chain, dal momento che esistono moduli che consentono, ad esempio, di lavorare sulla tracciabilità dei prodotti lungo l'intera filiera. Il software può essere più o meno complesso a seconda delle esigenze soggettive di ogni azienda, grazie alla grande versatilità di questi sistemi, che permettono alle imprese di implementare i software che meglio si adattano agli obiettivi aziendali garantendo però funzioni di base come:

- Gestione della merce in entrata: il software contribuisce a un più preciso controllo e catalogazione delle merci in entrata. Durante il ricevimento merci si controlla scrupolosamente la conformità, la quantità, le caratteristiche e lo stato o la qualità della merce che entra nel magazzino e che, pertanto, diventa parte integrante dello stock. Le informazioni raccolte vengono confrontate con l'ordine ricevuto e il WMS, dialogando con l'ERP, gestisce la fase operativa.
- Allocazione delle merci: rispetta i cosiddetti processi di ubicazione, che gestiscono gli ordini di posizionamento della merce nel magazzino, stabilendo quale sia la migliore posizione per gli articoli in funzione di tipologia, caratteristiche, dimensioni.
- Controllo e gestione dello stock: si tratta di una funzione importante del sistema, mediante la quale è possibile ottenere in tempo reale un quadro relativo alla situazione delle scorte e delle giacenze. Conoscendo le quantità di articoli presenti in magazzino, non solo si prevengono eventuali rotture di stock, ma si contribuisce a una migliore gestione amministrativa delle merci, in maniera più redditizia e scongiurando un pericolo di obsolescenza.
- Gestione delle merci in uscita: con cui si coordinano i cosiddetti processi di spedizione. Tali processi riguardano l'elaborazione degli ordini inviati ai clienti, i trasferimenti ad altri magazzini o i resi ai fornitori. Il WMS coordina tutti i processi legati a questo aspetto, in particolare l'importanza che riveste nel coordinare le operazioni di preparazione degli ordini degli operatori quali il picking, il picking multi-ordine, l'uscita di contenitori completi, il consolidamento degli ordini e l'invio agli automezzi.

Per comprendere al meglio quelli che possono essere i benefici di un WMS bisogna conoscere le operazioni che svolge anche in fase di allocazione delle risorse in magazzino:

- Allocazione basata su regole e strategie.
- Cross-docking.
- Approvvigionamento e consolidamento.

La gestione della migliore ubicazione per ogni prodotto si basa su regole e strategie che contribuiscono a ottimizzare sia le fasi operative sia quelle gestionali. Le aziende possono optare per vari modelli gestionali. A tale fine, il WMS tiene conto delle caratteristiche delle unità di carico e dei KPI di magazzino quali:

- Indice di rotazione (il WMS suddivide gli articoli in base al loro turnover e tenendo conto dell'analisi A-B-C).
- Il tipo di contenitori industriali usati per il consolidamento della merce.
- Le famiglie o tipologie di prodotti.
- La pericolosità o incompatibilità di alcuni prodotti.
- Del packaging degli articoli, del loro volume e di condizioni specifiche particolari.

Il cross-docking è una strategia legata alla preparazione degli ordini che le aziende applicano nei loro magazzini allo scopo di ridurre o eliminare completamente i costi legati alle operazioni di stoccaggio da un lato, e il numero di movimentazioni delle unità di carico dall'altro. I prodotti che faranno parte di un ordine in essere, ma mancante in stock, vengono depositati nell'area di preparazione ordini, direttamente dall'area di ricevimento. Una volta preparate le merci per l'uscita, viene stoccata quella rimanente. Senza il WMS sarebbe impossibile coordinare tutte queste attività che devono essere svolte con assoluta precisione per evitare confusione e il formarsi "colli di bottiglia". Il software fornisce previsioni dei flussi più chiare, così come un miglior monitoraggio delle merci in arrivo e di quelle che devono essere distribuite, agevolando al contempo il lavoro degli operatori.

Nella gestione della merce stoccata, il sistema WMS fornisce informazioni complete relative allo stock grazie attraverso le seguenti funzioni:

- Visualizzazione della mappatura del magazzino: permette di avere una visione dettagliata della posizione di tutti gli articoli all'interno del magazzino, indipendentemente che siano conservati su pallet o in contenitori.
- Gestione delle ubicazioni: consente di ottenere e modificare le informazioni relative al posizionamento, al tipo di ubicazione, di configurare i blocchi attivi, le dimensioni, le caratteristiche, le aree di stoccaggio a cui appartiene. Restituisce quindi, una mappatura intelligente dei beni in magazzino.
- Gestione dello stato dello stock: rende possibile un monitoraggio esaustivo dei dati relativi a quarantene, rotture, perdite, blocchi o riserve.
- Calcolo dell'indice di rotazione del magazzino: l'indice di rotazione è fondamentale sia per determinare la posizione dell'articolo in virtù del turnover (quante volte entra ed esce), sia per una questione legata al valore delle giacenze. Quando si combinano i valori di questo

indice con un'analisi ABC, è possibile determinare la posizione ideale delle merci all'interno dell'impianto.

- Il ricalcolo dell'inventario: fornisce feed specifici per ogni articolo, un'ubicazione o un'area specifica. Ciò consente di inviare comunicazioni al sistema ERP in caso di differenze o incongruenze di stock e tenere sempre sotto controllo l'inventario.

Oltre a gestire l'entrata e le ubicazioni dei prodotti, il sistema gestionale si occupa anche del controllo in fase di uscita. Le principali operazioni che un WMS svolge in questa fase sono:

- Preparazione del carico in uscita dall'impianto: Il WMS ha il compito di raggruppare e assegnare la migliore posizione alle merci per gestire in maniera efficiente l'evasione degli ordini. Il software determina, ad esempio, in che punto delle baie di spedizione verrà lasciato il carico, quanti saranno gli operatori incaricati della preparazione, la maniera in cui verranno raggruppati gli ordini e la fascia oraria in cui avverrà tale operazione.
- Gestione delle operazioni di picking: Il software stabilisce i percorsi di picking, rendendo più performante le attività di selezione e prelievo, abbattendo tempi e numeri di movimentazioni, ma sempre seguendo i parametri specificati per l'ordine inviato dal sistema ERP.
- Etichettatura della merce che viene spedita: Il programma svolge l'identificazione dei colli, utilizzando lo stesso processo visto nell'etichettatura della merce in entrata.
- Preparazione della documentazione relativa alle spedizioni: Il software WMS crea un elenco degli articoli che compongono l'ordine, la documentazione per i trasportatori e i report relativi alle discrepanze riscontrate.
- Gestione delle operazioni di carico delle spedizioni sugli automezzi: Il software controlla la qualità della spedizione per ridurre gli errori.
- Invio dei dati al sistema ERP relativi alla chiusura della spedizione: Questa funzione è possibile grazie a un'interfaccia che collega i due sistemi. Si tratta di un passaggio fondamentale in quanto il responsabile della logistica riceve tutte le informazioni necessarie relative al numero di unità e di articoli da spedire, nonché al tipo di colli consegnati con ciascun ordine in uscita che viene evaso. Con questi dati, il sistema ERP può gestire le pratiche amministrative vincolate ai clienti.

Un software WMS è un sistema imprescindibile nella logistica moderna. La scelta del programma deve essere ponderata e studiata nei minimi dettagli per garantire il massimo rendimento. In Cebi la gestione delle scorte segue la metodologia First in First out, detta anche logica FIFO. Questo metodo di gestione delle scorte prevede che i primi carichi ad entrare in magazzino siano anche i primi ad uscire. Purtroppo, a causa di una non corretta gestione del magazzino e di conseguenza della presenza di bancali nei corridoi di magazzino, è difficile attuare il FIFO. Per questo motivo e per una miglior gestione del magazzino che permetta quindi di renderlo uno strumento di efficienza e non solo un costo si ritiene necessaria l'installazione di un sistema WMS.

5.2. Approvvigionamento di linea

Per un approvvigionamento efficiente occorre tenere in considerazione i seguenti cicli operativi:

1. **Analisi delle esigenze:** ovvero quali risorse sono necessarie per svolgere le attività aziendali. Occorre stabilire la quantità di materiali, scorte e servizi necessari per produrre o commercializzare un articolo.
2. **Acquisto:** permette di ottenere la quantità di risorse e i servizi necessari al prezzo minimo. Prima di tutto, occorre scegliere un fornitore che oltre a un prezzo competitivo garantisca la qualità e il rispetto dei termini di consegna concordati.
3. **Ricevimento e stoccaggio:** le risorse ricevute nell'area delle baie vengono stoccate nelle scaffalature fino a quando sono necessarie nelle linee di produzione. Occorre stoccare anche gli articoli finiti quando escono dallo stabilimento di produzione.
4. **Approvvigionamento e spedizione:** è opportuno rifornire lo stabilimento con le risorse necessarie per la continuità produttiva dello stabilimento e, analogamente, spedire la merce che approvvigionerà un altro magazzino. A questo punto, è importante soprattutto garantire la massima efficienza in quanto l'overstock può causare colli di bottiglia e aumentare i costi di stoccaggio.
5. **Gestione degli stock efficiente:** influenza direttamente il rendimento di tutti i cicli operativi coinvolti nel ciclo di approvvigionamento.

5.2.1. Automated Guided Vehicle (AGV).

Uno dei modi possibili per incrementare l'efficienza di approvvigionamento dei materiali sulla linea potrebbe essere quello di effettuare investimenti sugli Automated Guided Vehicle (AGV). Gli AGV sono veicoli dotati di sistema di sterzata automatico che permettono di realizzare percorsi diversi senza la presenza dell'operatore a bordo (Figura 42). Sono sistemi che consentono facili modifiche di percorso e per questo adatti nel caso di frequenti operazioni di carico e scarico.



Figura 42. Esempi di AGV.

Una possibile classificazione dei veicoli a guida autonoma è la seguente:

- Carrelli elevatori a forche: veicoli dotati di forche per afferrare il pallet e sollevarlo della quantità necessaria affinché non tocchi il pavimento. Una delle capacità di questi veicoli è la capacità di sollevamento che permette quindi di depositare i pallet prelevati in precedenza all'interno di scaffalature.
- Carrelli con piano di carico: Veicoli dotati di un piano per accogliere il pezzo, spesso equipaggiati con rulli motorizzati, nastri trasportatori, piattaforme di sollevamento per riuscire ad automatizzare le operazioni di carico e di scarico.
- Treni di carelli: Veicoli costituiti da una motrice trainante e da più rimorchi. Questa configurazione è particolarmente indicata nella movimentazione di elevati volumi di materiali su grandi distanze, grazie alla capacità di trasportare contemporaneamente più parti.

Una caratteristica di notevole importanza nella scelta di questi veicoli è rappresentata dal loro sistema di navigazione. Questi ultimi, infatti, permettono di definire il percorso del veicolo ma anche di guidare il veicolo lungo il percorso. I sistemi di navigazione si dividono sostanzialmente in due tipi: a percorso fisso che consentono di far seguire ai veicoli percorsi definiti sul pavimento, e a percorso aperto, dove i veicoli fanno riferimento a tracce virtuali che non necessitano di alcuna struttura a terra. Per effettuare la scelta del sistema di navigazione più consono alle caratteristiche dell'azienda viene riportata un'analisi delle differenti tipologie:

- Sistemi di navigazione a induzione: Sistema caratterizzato dalla grande affidabilità. Il tragitto è definito posizionando un cavo di rame isolato entro una traccia ricavata al di sotto del pavimento. Il filo viene collegato ad un generatore di frequenza che emette un segnale a bassa intensità di corrente e a bassa tensione. Il veicolo grazie a due antenne montate sulla parte posteriore, riesce a seguire il campo elettromagnetico generato dal filo. Se la traiettoria è rettilinea, le correnti indotte nelle due bobine sono di uguale intensità e il veicolo trovandosi esattamente al di sopra del filo guida, continua con il movimento rettilineo. Se invece avviene una deviazione rispetto alla traiettoria rettilinea le correnti indotte nelle bobine sono di diversa intensità e la differenza tra queste viene utilizzata per alimentare il motore di sterzata che determina variazioni di direzioni affinché le due correnti tornino ad essere uguali. I limiti di questo sistema consistono in modifiche di nuovi percorsi al variare del layout predefinito il che corrisponde ad un notevole incremento dei costi. Inoltre, la presenza di parti metalliche in prossimità del filo potrebbe andare a modificare il campo elettromagnetico rendendo il sistema inaffidabile.
- Sistemi di guida a nastro: Il percorso è definito mediante nastri applicati sul pavimento. Il veicolo in questo caso è dotato di un sensore nella parte sottostante dello stesso che misura lo scostamento della mezzeria del veicolo rispetto al nastro. Possibilità di usare vari tipi di nastro quali: magnetici, fotosensibili o fotoriflessivi. I vantaggi principali dei sistemi basati sulla guida a nastro sono sicuramente la semplicità ed economicità del sistema unita alla possibilità di modificare facilmente il percorso stabilito.
- Sistemi di navigazione a guida laser: Questi sistemi consentono la navigazione tra due punti in campo aperto grazie alla presenza, a bordo del veicolo, di un sistema che consente di stabilire la posizione istantanea. Il veicolo è dotato di uno scanner laser rotante che scandisce la zona circostante attraverso l'emissione di un fascio luminoso. Quest'ultimo viene riflesso dai target presenti nell'area. Ad ogni rotazione, la scansione consente il calcolo

trigonometrico dell'angolo e della distanza di ciascun riflettore definendo in questo modo la posizione istantanea del veicolo che viene confrontata con il layout ed il percorso motorizzato. I vantaggi dei sistemi di navigazione a guida laser sono dovuti alla notevole flessibilità di percorso.

- Sistemi a guida inerziale: La navigazione automatica del veicolo in percorso aperto, viene realizzata sfruttando i segnali forniti dai trasduttori. Il veicolo, infatti, è equipaggiato con un giroscopio per misurare l'orientamento del piano e degli encoder posizionati sulle ruote che permettono di misurare la distanza percorsa. Per ovviare ai possibili problemi causati dagli errori di misurazione, è possibile posizionare utilizzare un sensore posto al di sotto del veicolo in grado di rilevare dei target presenti sul pavimento per ricavare dei riferimenti assoluti di posizione.
- Sistemi a guida cartesiana: L'area interessata viene coperta utilizzando una griglia, posta a terra secondo gli assi cartesiani x e y. Le distanze e gli angoli vengono misurati attraverso un giroscopio. Il funzionamento si basa sulla lettura dei punti della griglia da parte di un sensore posto nella parte inferiore del veicolo. Le coordinate cartesiane dei punti della griglia vengono confrontate con il percorso assegnato al veicolo in modo da poter correggere la velocità e la direzione dello stesso. L'utilizzo di una griglia permette, data un'area di lavoro di ottenere infiniti percorsi possibili di navigazione.

I veicoli a guida autonoma sono ormai da considerare beni necessari per un incremento dell'efficienza nei processi di logistica interna, infatti questi sistemi permettono di:

- Ridurre la necessità di manodopera
- Maggiore sicurezza nell'ambiente di lavoro
- Riduzione di danni al prodotto movimentato

Tenendo in considerazione i vantaggi nell'utilizzo di questi veicoli e di quelle che sono le inefficienze riscontrate nell'approvvigionamento delle linee si ritiene che l'implementazione di tali sistemi sia di cruciale importanza all'interno della Cebi. Se vengono tenute in considerazione quelle che sono le tipologie di prodotti movimentate all'interno dell'azienda e come è disposto il layout dello stabilimento produttivo si ritiene che la soluzione migliore siano AGV basati su sistemi a guida inerziale.

5.2.2. E-Kanban

Il Kanban è una tecnica utilizzata nei processi Lean che basa il suo funzionamento sull'utilizzo di cartellini fisici, infatti, KAN significa visuale e BAN significa segnale. L'obiettivo del kanban è quello di riuscire ad evitare la sovrapproduzione aumentando l'efficienza e ottenendo una notevole riduzione dei costi. Questa tecnica permette di far circolare le informazioni all'interno dell'azienda attraverso l'uso di cartellini sui quali vengono riportate tutte le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo (Figura 43). Le informazioni maggiormente riportate su un cartellino kanban sono:

- Il codice del componente
- Descrizione del componente
- La quantità del componente
- Il contenitore utilizzato
- Il tempo a disposizione
- La quantità da ripristinare

L'utilizzo di questo strumento permette di ottenere un flusso informativo e produttivo di tipo PULL permettendo di evitare la sovrapproduzione all'interno degli stabilimenti produttivi.

Il progresso tecnologico ha permesso a molte aziende di passare dal cartellino fisico al sistema elettronico, dove i codici a barre vengono riportati sui prodotti, materiali o nelle posizioni specifiche. La digitalizzazione del processo kanban ha portato ad ottenere il Kanban Elettronico denominato anche E-kanban. Quest'ultimo è un sistema di segnalazione che si avvale degli strumenti informatici per attivare la movimentazione dei materiali e dei componenti per consentire una visualizzazione in tempo reale dell'inventario durante la supply chain. I vantaggi riscontrabili derivanti da questo approccio sono:

- Riduzione degli errori derivanti da una gestione manuale
- Notevole incremento nella tracciabilità dei materiali
- Riduzione dei costi operativi del kanban
- Riduzione delle scorte
- Riduzione del tempo di manutenzione del kanban tradizionale

In un sistema di kanban elettronico si associa ad ogni cartellino kanban fisico un alterego elettronico il cui stato viene aggiornato tramite lettura di barcode o attraverso l'identificazione a radiofrequenza (RFID). Le fasi che costituiscono un ciclo di richiesta per mezzo dell'utilizzo dell'E-Kanban è costituito in questo modo:

1. Il cliente consuma un contenitore
2. Il cliente rilascia il kanban
3. Il sistema invia un segnale di ripristino
4. Il fornitore riceve il segnale e il contenitore con il cartellino kanban
5. Il fornitore riempie il contenitore del kanban corrispondente
6. Il cliente riceve il contenitore con annesso il cartellino kanban

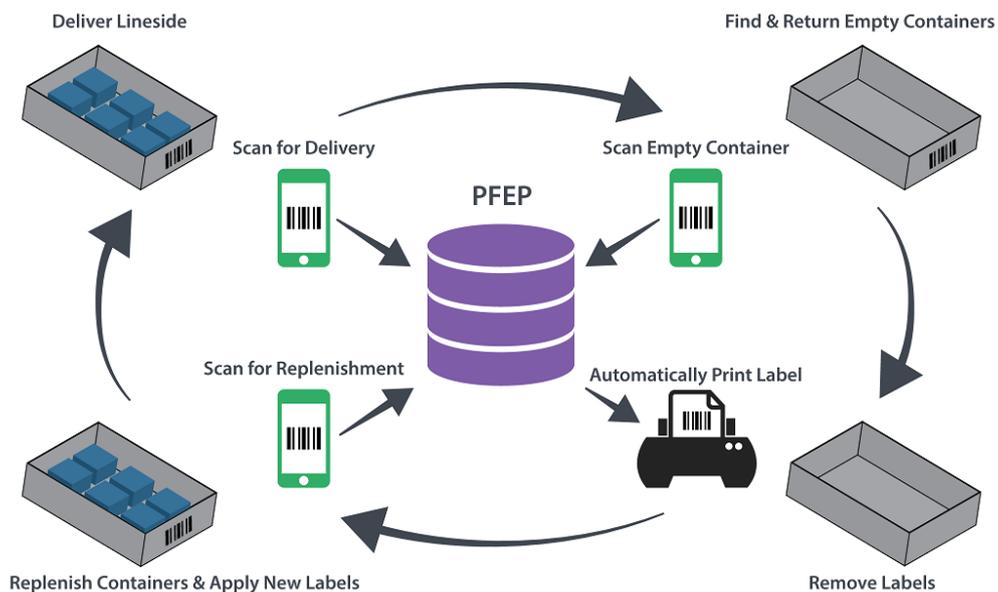


Figura 43. E-Kanban

Attraverso l'utilizzo di questo strumento è possibile avere sotto controllo tutti i kanban da ricevere dai fornitori, da produrre internamente e da spedire ai clienti. I benefici che più di tutti sottolineano il perché alle aziende convenga implementare uno strumento di questo tipo sono:

- Controllo dei consumi
- Analisi dello storico dei consumi
- Analisi delle statistiche di un singolo codice
- Controllo di kanban che possono causare rotture di stock
- Identificare le criticità

- Segnalazione di anomalie
- Estrazioni di report
- Riduzione delle scorte
- Calcolo di ritardi
- Calcolo del lead time

L'obiettivo del kanban elettronico è quello di potenziare il sistema kanban migliorando le performance di:

- Comunicazione: trasmissione in tempo reale dei richiami kanban, visibilità completa del flusso, intercettazione di errori
- Manutenzione: Suggerimenti automatici di ottimizzazione delle scorte, indicatori per il controllo delle performance, manutenzione rapida
- Integrazione con il gestionale: coinvolgimento di tutte le persone, garanzia di integrità dei dati nel tempo, automazione del flusso documentale legato al ciclo kanban.

L'integrazione di questo strumento permette alle aziende di ottenere benefici che sul lungo periodo si riscontrano con un abbattimento dei costi e un miglioramento dell'efficienza produttiva. Considerando quindi, quelli che sono i benefici apportati si ritiene opportuno implementare questo strumento in Cebi.

6. Risultati

Dall'analisi svolta in questo lavoro di tirocinio si è potuto definire una corretta modalità di approvvigionamento dei materiali e la loro ubicazione a bordo linea. Infatti, considerando le dimensioni, il peso, le caratteristiche funzionali e le tipologie di imballo è stato possibile definire le logiche di gestione dei componenti presenti a bordo linea. Considerando il peso dei componenti, le quantità presenti in ogni imballo, si è potuto inoltre calcolare l'autonomia di ogni operatore. In questo modo è stata definita una gestione di tipo Kanban o di tipo sequenziato. Inoltre, si è intervenuti sul dimensionamento e la gestione delle rulliere in modo da poter facilitare l'approvvigionamento delle stesse ma anche di agevolare il lavoro degli operatori sulla linea. Questa analisi ha permesso quindi di:

- Definire le postazioni dei pallet lungo la linea
- Dimensionare correttamente le rulliere
- Definire la gestione e le postazioni dedicate ai carrelli
- Effettuare lo Zoning lungo le linee interessate allo studio

In particolar modo, solo per la linea SEC05 su cui era stato effettuato un audit logistico antecedente alle soluzioni proposte, è stato realizzato nuovamente un audit a seguito delle azioni correttive. In Figura 44 è possibile visualizzare come il risultato dell'audit successivo sia incrementato dell'22% ottenendo così un notevole miglioramento dell'efficienza.

		CHECK LIST AUDIT LOGISTICO					Codice Mod.:
							Data Mod.:
							Livello di confidenzialità:
CDL:		4 o più anomalie	3 anomalie	2 anomalie	1 anomalia	0 anomalie	
Auditor:		0	3	6	40	100	
Data:							
Sicurezza							
1	Il materiale non è presente nell'area pedonale o in aree che intralcino il passaggio						x
2	L'area della linea è facilmente percorribile						x
3	Le vie d'accesso ed uscita nell'area sono libere ed è indicato chiaramente il percorso di uscita in caso di emergenza.						x
4	Gli estintori sono facilmente accessibili e la loro segnalazione è facilmente visibile anche a distanza						x
5	Le rulliere e i ribaltatorio sono integri e funzionanti						x
Totale Sicurezza						500	
Livello di eccellenza raggiunto Sicurezza						100,00%	
		0	3	6	40	100	
Organizzazione dell'area di lavoro							
6	Il Layout è rispettato sulle postazioni manuali						x
7	Lo zoning indicato è rispettato (se presente)						x
8	Vengono rispettati i Lead time di approvvigionamento					x	
9	Sono rispettati i codici riportati sulle etichette						x
10	Il quantitativo complessivo di ogni materiale presente nella postazione di lavoro rispetta le quantità previste (materiali a kanban, two bin, pallet)						x
11	La tipologia dell'imballo è conforme con la politica aziendale						x
12	Ogni componente utilizzato è correttamente classificato (gestione)						x
13	L'approvvigionamento del materiale è facilmente accessibile					x	
14							
Totale Organizzazione dell'area di lavoro						680	
Livello di eccellenza raggiunto Organizzazione dell'area di lavoro						85,00%	
		0	3	6	40	100	
Ambiente							
15	Gli imballi a perdere sono correttamente smaltiti						x
16	Il materiale è correttamente riciclato						x
Totale Ambiente						40	
Livello di eccellenza raggiunto Ambiente						40,00%	
		0	3	6	40	100	
Gestione visuale							
17	L'ubicazione del materiale sulle linee è facilmente identificabile						x
18	Le rulliere sono identificate						x
19	Le linee sono facilmente distinguibili						x
Totale Gestione visuale						240	
Livello di eccellenza raggiunto Gestione visuale						80,00%	
		0	3	6	40	100	
Persone							
20							
Totale Persone						0	
Livello di eccellenza raggiunto Persone						0,00%	
Esito Audit:						86%	

Figura 44. Audit logistico dopo intervento.

7. Conclusioni

Al giorno d'oggi l'applicazione delle metodologie della Lean Manufacturing sono solo un punto di partenza per riuscire ad essere competitivi sul mercato. Le aziende devono riuscire il più possibile a snellire quelli che sono i propri processi produttivi. Per fare questo è necessario effettuare un'analisi che riesca ad individuare le attività che apportano valore al prodotto finale ed eliminare o quanto meno ridurre tutte quelle attività che non aggiungono valore. Nello studio svolto, si evince come le attività di stoccaggio e di movimentazione dei componenti recitino un ruolo chiave, spesso sottovalutato nelle aziende manifatturiere. Ad oggi il magazzino viene ancora visto solo come uno strumento per l'ubicazione e l'immagazzinamento delle merci e non come impianto di comunicazione tra i vari flussi della supply chain. L'implementazione di sistemi informatici come il Warehouse Management System e l'Elettronico Kanban permettono di facilitare i processi a tutti gli attori coinvolti nella filiera produttiva. Nell'ambito dell'intralogistica questi sistemi riescono ad impattare notevolmente sui tempi e sulle attività di movimentazione del materiale. Per aumentare l'efficienza della logistica interna negli stabilimenti produttivi è necessario riuscire a minimizzare i tempi degli operatori dedicati alle attività di approvvigionamento dei materiali, gli spazi destinati all'ubicazione dei materiali sulle linee produttive ed il numero di missioni giornaliere effettuate dagli operatori per il ripristino delle quantità sulle linee. L'applicazione delle tecnologie dell'industria 4.0 facilita l'ottenimento di questi risultati, riuscendo così ad analizzare velocemente un'enorme quantità di dati individuando, in tempi brevi, le attività che generano colli di bottiglia all'interno dello stabilimento. Inoltre, l'utilizzo di sistemi informatici facilita la presa di decisioni da parte del management che riesce in questo modo ad ottenere una pianificazione puntuale della produzione.

L'analisi effettuata in questo elaborato ha permesso di individuare le inefficienze riguardanti la movimentazione dei materiali all'interno dello stabilimento produttivo. Analizzando le attività ed i tempi degli operatori nelle azioni svolte si è potuto constatare la mancanza di una metodologia efficace soprattutto nell'ubicazione dei componenti in magazzino e a bordo linea. La corretta gestione dei componenti utilizzati sulle linee produttive ha permesso di ottimizzare il layout delle stesse e di favorire l'asservimento dei materiali a bordo linea da parte degli operatori. Inoltre, nel lavoro svolto si è notato come la semplice applicazione delle logiche e delle metodologie della Lean Manufacturing abbia impattato enormemente sui risultati riguardanti il flusso di materiali. Pertanto, si consiglia all'azienda di continuare sulla strada tracciata anche per le altre linee che fanno parte dello stabilimento e di implementare al più presto le tecnologie individuate in questo studio.

Bibliografia

- [1] Palange, Atul, and Pankaj Dhattrak. "Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing." *Materials Today: Proceedings* (2021).
- [2] Donini, Claudio. *Lean manufacturing. Manuale per progettare e realizzare un'azienda snella*. Vol. 664. FrancoAngeli, 2007.
- [3] Carreira, Bill. *Lean manufacturing that works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*. AMACOM/American Management Association, 2005.
- [4] Valtolina, G. "The machine that changed the world. The Triumph of Lean Production, La macchina che ha cambiato il mondo." (1994): 337-339.
- [5] Gupta, Mahesh C., and Lynn H. Boyd. "Theory of constraints: a theory for operations management." *International Journal of Operations & Production Management* (2008).
- [6] Rahman, Shams-ur. "Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications." *International Journal of Operations & Production Management* (1998).
- [7] Masih, Anwar. "Business Process Reengineering." *Wiley Encyclopedia of Management* (2015): 1-3.
- [8] Rother, Mike, and John Shook. *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute, 2003.
- [9] Fernando, Manotas Duque Diego, and Leonardo Rivera Cadavid. "Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics." *Estudios gerenciales* 23.105 (2007): 69-83.
- [10] Losonci, Dávid, Krisztina Demeter, and István Jenei. "Factors influencing employee perceptions in lean transformations." *International Journal of Production Economics* 131.1 (2011): 30-43
- [11] Guerriero, Franco, and John Miltenburg. "The stochastic U-line balancing problem." *Naval Research Logistics (NRL)* 50.1 (2003): 31-57.
- [12] Sundar, R., A. N. Balaji, and RM Satheesh Kumar. "A review on lean manufacturing implementation techniques." *Procedia Engineering* 97 (2014): 1875-1885.
- [13] Gupta, Shaman, and Sanjiv Kumar Jain. "A literature review of lean manufacturing." *International Journal of Management Science and Engineering Management* 8.4 (2013): 241-249.
- [14] Petroni, Alberto, Francesco Zammori, and Giuliano Marolla. "World class manufacturing in make-to-order batch-production SMEs: an exploratory analysis in northern Italy." *International Journal of Business Excellence* 11.2 (2017): 241-275.
- [15] Tusnial, Anirudh, and Abhijeet K. Digalwar. "A systematic review of the integration of best practices for world class manufacturing." *International Journal of Business Excellence* 23.3 (2021): 353-388.
- [16] Sople, Vinod V. *Logistics management*. Pearson Education India, 2009.
- [17] Kiyko, Sergey, et al. "Logistics control of the resources flow in energy-saving projects: case study for metallurgical industry." (2020).
- [18] Romero, D.; Bernus, P.; Noran, O.; Stahre, J. The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology*; Springer: Basel, Switzerland, 2016; pp. 677–686. ISSN 1868-4238.

- [19] Zoubek, Michal, and Michal Simon. "Evaluation of the Level and Readiness of Internal Logistics for Industry 4.0 in Industrial Companies." *Applied Sciences* 11.13 (2021): 6130.
- [20] Ghiani, Gianpaolo, Gilbert Laporte, and Roberto Musmanno. *Introduction to logistics systems management*. John Wiley & Sons, 2013.
- [21] Kluska, Kamila, and Paweł Pawlewski. "The use of simulation in the design of Milk-Run intralogistics systems." *IFAC-PapersOnLine* 51.11 (2018): 1428-1433.
- [22] Ramaa, A., Subramanya, K. N., & Rangaswamy, T. M. (2012). Impact of warehouse management system in a supply chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1)
- [23] Faber, Nynke; De Koster, Rene B. M. (2002), Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure: An exploratory study of the use of warehouse management information systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* [online]. vol. 32,(5), pages. 381 – 395