POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Applicazione del pilastro tecnico WCM *Logistics and Customer Service*. Il caso CNH Industrial

Relatrice

Prof.ssa Ing. Anna Corinna Cagliano

Candidata

Daniela Guglielmino

A. A. 2017-2018

Ringraziamenti

La stesura di questo elaborato conduce al termine il mio percorso di studi. Desidero innanzitutto ringraziare la Prof.ssa Anna Corinna Cagliano, relatrice di questa tesi di laurea magistrale, per avermi accolta come tesista, per la disponibilità e la cortesia dimostratemi, e per l'aiuto fornitomi durante tutto il periodo di stesura.

Un ringraziamento particolare all'Ing. Carlo Andrea Coppola, tutor aziendale durante il mio periodo di tirocinio presso CNH Industrial. Grazie per avermi mostrato e trasmesso la sua passione e dedizione per questo lavoro e per avermi permesso di essere costantemente partecipe ad ogni attività svolta.

Grazie all'Ing. Alberto Mendolicchio, Logistics and Customer Service co-pillar leader presso il plant San Mauro, che mi ha permesso di accedere alla comprensione del processo produttivo dello stabilimento ed al materiale tecnico necessario. Il suo aiuto è stato essenziale al fine di poter portare a compimento questo lavoro.

Un sentito ringraziamento va ai miei genitori, perché sono stati sempre il mio punto di riferimento, per il loro continuo e incrollabile sostegno, sia morale che economico. Grazie per tutto ciò che hanno fatto per me, permettendomi di raggiungere questo obiettivo. Senza di loro non ce l'avrei mai fatta.

Grazie ad Alessandra, mia sorella, perché è sempre stata disposta ad ascoltare ogni mio sfogo, ad aiutarmi ed incoraggiarmi. Grazie perché mi ha sempre consigliato nelle scelte più difficili.

Grazie a Claudia, amica di sempre, perché, anche se ormai le occasioni di vederci sono sempre minori, mi ha continuamente supportata e stata vicina col cuore.

Grazie ai miei compagni di avventure del PoliTo, per le risate, le giornate intense di studio e le serate spensierate. Grazie per aver reso piacevole questo percorso di studi. Ad Erika, in particolare, dico grazie per esserci sempre stata: in questi anni ci siamo sempre sostenute a vicenda, superando tutte le difficoltà, festeggiando assieme i successi e rialzandoci più forti di prima dopo ogni sconfitta. A lei mi lega una forte amicizia.

Grazie a Federica, la coinquilina che tutti vorrebbero, sempre pronta ad ascoltarmi e a tirarmi su di morale; grazie per le chiacchierate, le risate, e per la preziosa amicizia.

Una persona importante che desidero ringraziare per tutto quello che ha fatto e che continua a fare per me è Stefano, che mi ha sempre trasmesso amore e serenità. Grazie per aver sopportato con pazienza i miei sbalzi d'umore e per essere stato al mio fianco in ogni momento e anche oggi, in questo giorno importante.

Infine, ma non in ordine di importanza, ringrazio i miei nonni, i miei zii, le mie cugine, i miei amici e tutte le persone che mi sono state sempre vicine.

Sommario

Introduzione **1**

CAPITOLO 1 – World Class Manufacturing **4**

1.1 Le origini del WCM 4

1.2 Cultura e Mission del WCM 6

1.3 Pilastri tecnici 10

1.3.1 Safety 10

1.3.2 Cost Deployment 14

1.3.3 Focused Improvement 22

1.3.4 Autonomous Activities 24

1.3.5 Professional Maintenance 28

1.3.6 Quality Control 30

1.3.7 Logistics and Customer Service 32

1.3.8 Early Equipment/Product Management 34

1.3.9 People Development 37

1.3.10 Environment and Energy 39

1.4 Pilastri Manageriali 40

1.4.1 Management Commitment 40

1.4.2 Clarity of Objectives 41

1.4.3 Route Map of WCM 42

1.4.4 Allocation of Highly Qualified People to Model Areas 43

1.4.5 Commitment of the Organization 43

1.4.6 Competence of Organization toward Improvement 44

1.4.7 Time and Budget 45

1.4.8 Level of Detail 45

1.4.9 Level of Expansion 46

1.4.10 Motivation of Operators 46

1.5 Strumenti del World Class Manufacturing 47

1.5.1 Value Stream Mapping (VSM) 52

1.6 Logistics & Customer Service: approfondimento 60

1.6.1 Il percorso di implementazione 60

1.6.2 Cost Deployment Logistico 76

CAPITOLO 2 – CNH Industrial **83**

2.1 L'azienda 83
2.1.1 Lo stabilimento di San Mauro 88
2.2 L'approccio di CNH Industrial al WCM 102
2.2.1 Risultati 106
CAPITOLO 3 – Applicazione del WCM presso lo stabilimento San Mauro 122
3.1 Scelta del caso studio e sua motivazione 122
3.1.1 L'area Fabrication 123
3.2 Implementazione della metodologia WCM 127
3.2.1 Raccolta dati 128
3.2.2 "AS-IS" Map 132
3.2.3 Analisi dei buffer e individuazione dei componenti critici 135
3.2.4 Analisi dei vincoli di produzione 141
3.2.5 "TO-BE" Map 144
3.2.6 Altre proposte di miglioramento 151
3.3 Risultati attesi 151
CAPITOLO 4 – Conclusioni 157
4.1 Osservazioni sul lavoro di tesi svolto 157
4.2 Benefici del lavoro di tesi svolto 158
4.3 Limitazioni del lavoro di tesi svolto 159
4.4 Sviluppi futuri 160
4.5 Estensione dell'applicazione del WCM ad altre aree aziendali 161
***Riferimenti* 163**

Introduzione

Il seguente lavoro di tesi è stato realizzato durante l'attività di tirocinio curricolare e successivamente di tesi in azienda presso l'ente centrale del *World Class Manufacturing* (WCM) di CNH Industrial a Torino (TO), lavorando accanto al leader della zona EMEA del pilastro tecnico WCM *Logistics and Customer Service*.

Nel 2005 Fiat Chrysler Automobiles (FCA), decide due stabilimenti pilota, Melfi in Italia e Tychy in Polonia, in cui applicare il WCM. I risultati si vedono in fretta e nel 2007 il WCM viene esteso su tutti gli stabilimenti del Gruppo e dunque anche su CNH Industrial.

In CNH Industrial il WCM è applicato in tutti gli stabilimenti, attraversando i confini aziendali e, nel tentativo di mantenere elevati standard di eccellenza nei suoi sistemi di produzione, i livelli organizzativi dimostrano forte impegno e continua interazione. L'applicazione del WCM ha permesso e continua a permettere ad ogni *plant* CNH Industrial di ottenere il massimo rendimento, in termini di efficacia ed efficienza, dalle relazioni tra i diversi stabilimenti.

Obiettivo di questo lavoro di tesi è dimostrare come l'applicazione dei principali strumenti del pilastro tecnico WCM *Logistics and Customer Service* possa portare all'eliminazione di inefficienze e a godere di diversi benefici economici. L'implementazione della metodologia WCM è stata realizzata presso lo stabilimento CNH Industrial di San Mauro Torinese (TO). Nel 2011 la fabbrica di San Mauro ha incrementato le vendite, grazie soprattutto all'introduzione del mini escavatore nel portafoglio prodotti, il quale risulta, ad oggi, il prodotto principale rappresentando circa metà delle vendite totali dello stabilimento. Essendo un prodotto nuovo, è necessario raffinare le fasi di produzione del mini escavatore, poiché queste non risultano ottimizzate. I tempi di lavorazione, infatti, non sono definiti in relazione alle effettive esigenze delle diverse stazioni di processo, ma adattati in base ai tempi di lavorazione degli altri prodotti realizzati nello *shop floor* di San Mauro. Ciò che ne consegue è un livello elevato della dimensione dei buffer, in termini temporali e fisici, il quale rappresenta una fonte di spreco.

Questo lavoro di tesi è nato, dunque, con lo scopo di proporre un miglioramento al processo produttivo della linea del mini escavatore, al fine di ridurre gli sprechi.

Le soluzioni suggerite consistono in proposte di perfezionamento riguardano l'area di *Fabrication*, poiché rappresenta la parte più critica del processo di produzione, e quindi ritenuta dalla Direzione dello stabilimento come la principale area migliorabile.
La presente tesi è strutturata nel modo seguente:
Nel primo capitolo verrà spiegata la metodologia WCM, partendo dalla sua nascita fino all'esposizione dei concetti su cui si fonda. Successivamente verranno descritti i principali strumenti e metodi utilizzati per una corretta applicazione della metodologia WCM, e un approfondimento del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*, in quanto il lavoro di tesi si è basato sull'implementazione di alcuni strumenti propri di questo pilastro tecnico.
Nel secondo capitolo verrà descritta l'azienda CNH Industrial, presso la quale è stata svolta l'attività di tesi in azienda, con approfondimento sullo stabilimento di San Mauro, poiché rappresenta il *plant* in cui è stato eseguito il lavoro di tesi. Negli ultimi paragrafi di questo capitolo verranno descritti l'approccio al WCM da parte di CNH Industrial e i risultati che l'applicazione della metodologia ha consentito di ottenere.
Il terzo capitolo rappresenta la parte *core* del lavoro di tesi. Verrà fornita una descrizione della scelta del caso studio e l'applicazione della metodologia WCM al processo produttivo del prodotto più critico realizzato dal *plant* San Mauro, ovvero il mini escavatore. In particolare, lo strumento WCM utilizzato è rappresentato dal *Value Stream Mapping* (VSM), uno strumento molto utilizzato nella gestione dei sistemi produttivi e che rientra tra i principali *tool* del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*. Sono state realizzate la *Current State Map*, la quale descrive il flusso di valore corrente creato dal prodotto, e la *Future State Map*, che indica il flusso di valore desiderabile dal prodotto, dei diversi modelli di mini escavatore. La *Future State Map* realizzata per ogni modello di mini escavatore, ingloba i suggerimenti di miglioramento da implementare nella zona produttiva più critica dell'officina di San Mauro, l'area *Fabrication*, che consentirebbero di ridurre il *Lead Time* di produzione dei modelli di mini escavatore analizzati, e di ottenere importanti benefici economici.
Infatti:

- per i modelli MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), il *lead time* di produzione passa da 24,60 giorni a 19,50 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo a valore aggiunto (3099,44 minuti);

- per il modello MHEX 2.6, il *lead time* di produzione passa da 25,45 giorni a 20,38 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo a valore aggiunto (3434,69 minuti);
- per i modelli MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), il *lead time* di produzione passa da 24,62 giorni a 19,49 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo a valore aggiunto (3457,93 minuti).

Dal punto di vista economico, lo stabilimento di San Mauro potrebbe ottenere un beneficio pari a circa € 12.307,73 mediamente al mese, per un ammontare annuo di circa € 147.692,73.

Infine, nell'ultimo capitolo verranno esposti i benefici derivanti dal lavoro di tesi, le limitazioni che si sono presentate nel condurre lo studio, e gli sviluppi futuri che potrebbero riguardare il *plant* San Mauro.

CAPITOLO 1 – World Class Manufacturing

In questo capitolo verrà spiegata la metodologia *World Class Manufacturing* (WCM), partendo dalla sua nascita fino all'esposizione dei concetti su cui si fonda. Successivamente verranno descritti i principali strumenti e metodi utilizzati per una corretta applicazione della metodologia WCM. Nell'ultimo paragrafo del presente capitolo verrà trattato un approfondimento del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*, in quanto il lavoro di tesi si è basato sull'implementazione di alcuni strumenti propri di questo pilastro tecnico.

1.1 Le origini del WCM

Dopo l'avvento della rivoluzione industriale, il processo di produzione si è evoluto notevolmente. Nell'attuale epoca globale e competitiva, non è più possibile competere solo sull'efficienza, ma occorre sempre di più tener conto delle preferenze del cliente, essere flessibili ai cambiamenti in modo da soddisfare qualunque richiesta (Palucha, 2012). Dunque ne deriva che, per un'azienda, diventa sempre più indispensabile avere un'attività di produzione che sia snella, efficiente, economica e flessibile. Sono emerse diverse teorie di produzione come reazione alla dinamicità dei mercati, che hanno come obiettivo il raggiungimento della *Manufacturing Excellence*. Questa eccellenza può essere raggiunta combinando vari approcci di produzione come (Hall, 1987):

- *Value-added manufacturing*, che significa non fare ciò che non dà valore aggiunto al prodotto o al cliente;
- *Continuous improvement manufacturing*, che suggerisce il miglioramento continuo dell'attività di produzione;
- *Just in Time (JIT)/ Total Quality control*, che propone l'instaurazione di un processo di controllo che conduca all'automazione completa del sistema di produzione.

Il termine *World Class Manufacturing* fu coniato nel 1986 da Richard J. Schonenber per identificare un modello che si basa su un *continual rapid improvement* nella qualità, nei costi e nella flessibilità che permette alle aziende di competere a livello globale (Schonberger, 1986).

All'inizio del XX secolo il termine fu ripreso dal professore giapponese Hajime Yamashina, nella sua opera "Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance" (Yamashina, 1995), per denotare un modello organizzativo che ha permesso alle aziende giapponesi di diventare *Operationally Excellent Companies* rafforzando il loro vantaggio competitivo. Nel 2005 il concetto di WCM arriva in Italia presso la società Fiat Group Automobiles (oggi FCA, Fiat Chrysles Automobiles), la quale implementa presso i suoi stabilimenti il programma WCM con l'aiuto del prof. Hajime Yamashina. FCA definisce il concetto *World Class Manufacturing* come segue (FCA, 2005):

"Una metodologia di produzione strutturata, rigorosa ed integrata che coinvolge l'organizzazione nel suo complesso, dalla sicurezza all'ambiente, dalla manutenzione alla logistica e alla qualità. Obiettivo primario del sistema WCM è migliorare continuamente tutte le performance produttive al fine di garantire la qualità del prodotto e soddisfare le attese del cliente".

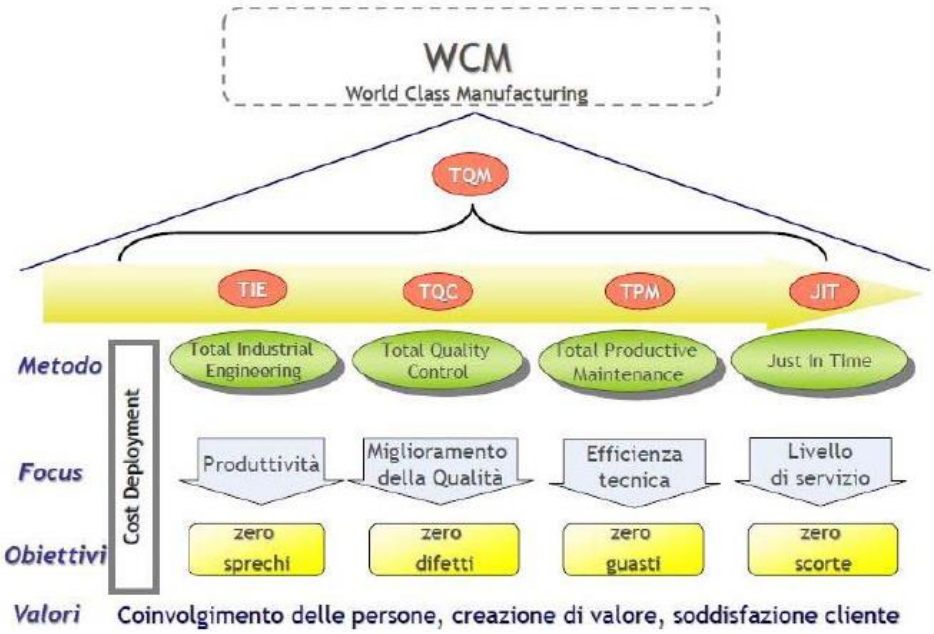


Figura 1.1 Le basi del *World Class Manufacturing.* Fonte: [1]

La Figura 1.1 mostra il funzionamento della metodologia WCM, il cui punto centrale è quindi la creazione del valora aggiunto grazie al coinvolgimento di tutte le persone, a qualunque livello organizzativo appartengono.

Il WCM riprende al suo interno approcci già conosciuti nel campo della *Lean Production*: il *Total Productive Maintenance* (TPM), che aspira ad avere zero guasti; il *Just in Time* (JIT), rivolto a ridurre le scorte; il *Total Quality Control* (TQC), che applica i principi di gestione della qualità a tutte le aree di business; il *Total Industrial Engineering* (TIE), che mira a

ridurre gli sprechi. Queste metodologie aprirono la strada alla filosofia innovativa del *Total Quality Management* (TQM).

Il TQM, su cui si basa il WCM, è un approccio secondo il quale un'azienda ottiene vantaggio competitivo se adotta una strategia improntata sulla "Qualità totale", cioè se la ricerca della qualità esce dai confini della fase produttiva e si estende a tutti gli aspetti della vita d'azienda, fino a coinvolgere il singolo individuo (Galgano, 2008). Le caratteristiche del TQM sono (Feigenbaum, 1968):

- forte orientamento al cliente;
- impegno di lungo termine per il miglioramento costante dei processi;
- forte leadership da parte della Direzione, con coinvolgimento nell'applicazione della metodologia;
- responsabilità del top management di stabilire e migliorare l'intero sistema;
- miglioramento continuo delle performance in tutte le aree aziendali.

1.2 Cultura e Mission del WCM

Rispetto al TQM, nel WCM la scelta delle strategie è guidata dal *Cost Deployment*, un metodo di analisi dei costi produttivi che rappresenta uno dei pilastri tecnici su cui il WCM si basa, che verrà descritto successivamente.

Il WCM però, pur avendo ripreso gli approcci sopra indicati, presenta peculiarità che lo differenziano dalle altre metodologie. La prima caratteristica è il suo approccio strutturato in "pilastri" che rappresentano i vari aspetti aziendali, tecnici e manageriali, i quali seguono un percorso strutturato in step per il raggiungimento dell'eccellenza organizzativa (vedi Par. 1.2). Un'altra importante peculiarità è la forte attenzione alla misurabilità, infatti le organizzazioni definiscono un sistema di controllo delle performance molto accurato basato su due tipologie di indicatori: *Key Performance Indicators* (KPIs), che misurano le performance produttive e *Key Activity Indicators* (KAIs), che misurano le azioni e lo sforzo necessario per raggiungere un obiettivo di miglioramento (Cipriani *et al.*, 2015). Un KPI rappresenta il risultato di un progetto di miglioramento, ad esempio, la produttività del lavoro, il tasso di qualità del prodotto, il tasso di disponibilità degli impianti, e così via (De Felice *et al.*, 2013). Un KAI rappresenta il processo messo in atto per raggiungere lo scopo di miglioramento del progetto, ad esempio, il numero di obiettivi *kaizen*, il numero di cicli

di formazione per i dipendenti, il numero di *Best Practices* realizzate da parte di uno stabilimento, e così via (Katayam e Murata, 2009).
Infine, viene dedicata una forte attenzione allo sviluppo delle competenze delle persone, che vengono continuamente valutate al fine di migliorarne le capacità, le conoscenze e i comportamenti (Cipriani *et al.*, 2015). Il WCM si fonda sul concetto del miglioramento continuo, della massimizzazione del valore aggiunto, dell'eliminazione degli sprechi e delle perdite, e sul coinvolgimento di tutte le persone.
I tre concetti chiave, dunque, si possono sintetizzare in (FCA, 2007): valore aggiunto, ovvero tutto ciò che ha valore per il cliente finale; perdita, cioè utilizzo di una risorsa che ha un costo, ma che non genera valore; spreco, inteso come una perdita che si ha quando il numero delle risorse utilizzato è superiore al numero necessario.
Le organizzazioni che adottano il WCM devono far in modo che i programmi di miglioramento continuo coinvolgano tutte le aree dell'azienda: partendo dallo stabilimento (*Gemba*), passando attraverso la qualità dei prodotti, il miglioramento dei processi logistici, giungendo all'area acquisti e programmazione e arrivando fino ai livelli del Management. In questo modo è possibile il raggiungimento dello "Zero Ottimale" target del WCM (Sheikh *et al.*, 2013):

- Zero incidenti
- Zero difetti
- Zero ritardi
- Zero stock
- Zero rotture
- Zero *changeovers*
- Zero sprechi

Per spiegare le caratteristiche del WCM si è soliti paragonare il WCM a un tempio, le cui colonne sono rappresentate da pilastri tecnici e le basi da pilastri manageriali (Figura 1.2).

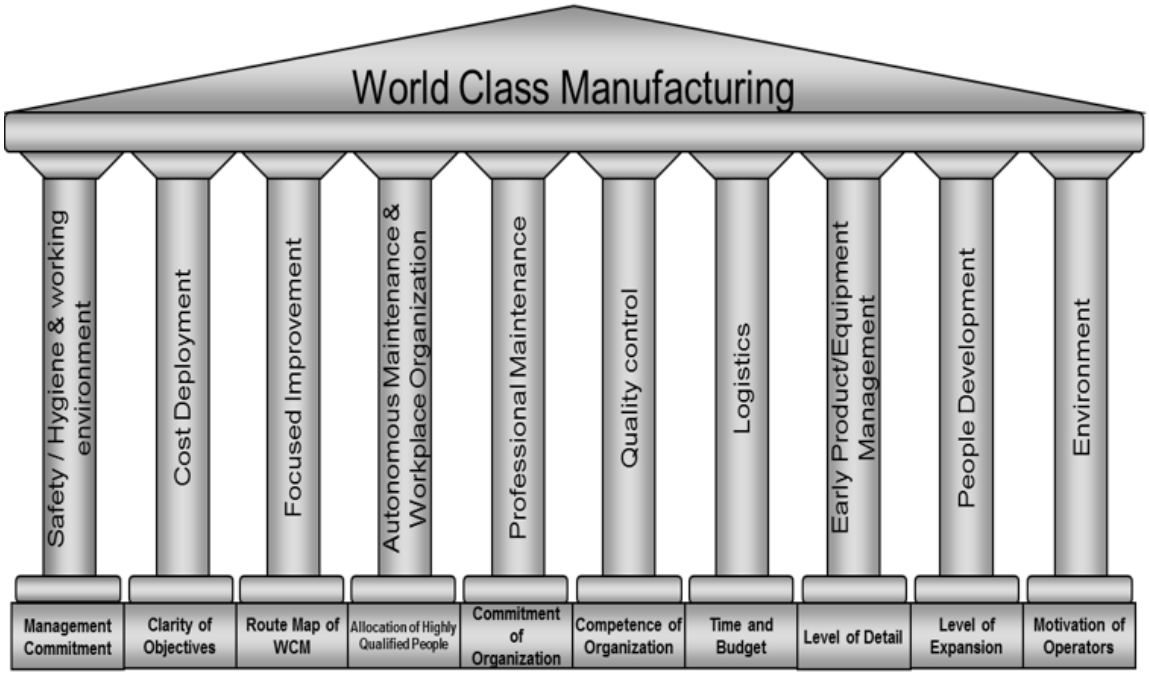


Figura 1.2 Il tempio del *World Class Manufacturing*: pilastri tecnici e manageriali Fonte: [2]

Il percorso per raggiungere l'eccellenza tramite il WCM è costituito da due dimensioni (CNHi, 2009):

1. **Profondità**: il processo di miglioramento continuo, di ogni pilastro tecnico, è articolato in 7 step. Questi step si possono raggruppare in tre fasi:
    a. Reattiva: viene individuato il problema e di conseguenza messe in pratica le azioni correttive per ridurne gli effetti negativi.
    b. Preventiva: si studiano i processi e i relativi problemi per identificare le cause e rimuoverle, in modo da poter potenziare il processo.
    c. Proattiva: viene studiato il processo e le sue possibili problematiche, in modo da riuscire a prevenirle, e migliorare il processo e gli standard di lavoro.

Figura 1.3 Livelli di profondità [Fonte: CNHi, 2009]

2. **Estensione**: nel cammino descritto dal WCM le attività partono sempre da una *Model Area*, cioè l'impianto, l'operazione produttiva o la stazione di processo che rappresenta la maggiore perdita del processo produttivo e che occorre subito "aggredire". I progetti di miglioramento che si realizzano nella *Model Area* si trasmettono successivamente alle altre aree, mentre sull'area modello si lavora con progetti via via sempre più complessi.

Figura 1.4 Livelli di estensione [Fonte: CNHi, 2009]

Data l'attenzione che viene dedicata alla misurabilità, esiste un programma di audit che serve a verificare il raggiungimento dei vari livelli di performance degli stabilimenti e a valutare l'implementazione del WCM verso gli standard *World Class*. Gli audit possono essere sia interni che esterni, i primi servono come autovalutazione e vengono svolti dai responsabili dei pilastri; i secondi, invece, sono delegati dalla *World Class Manufacturing Association*, e sono effettuati semestralmente o annualmente. Durante gli audit esterni, viene analizzato l'operato di tutti i pilastri, sia tecnici che manageriali e, alla fine, viene assegnato a ciascuno di essi un punteggio che va da 0 a 5. In particolare, viene assegnato (Pino, 2016):

- Punteggio 0: nessuna attività svolta
- Punteggio 1: approccio reattivo
- Punteggio 2: approccio preventivo nelle aree modello
- Punteggio 3: approccio preventivo con espansione in tutte le aree più importanti del *plant*
- Punteggio 4: approccio proattivo nelle aree modello
- Punteggio 5: approccio proattivo con espansione in tutte le aree più importanti del *plant*

La somma dei punteggi ottenuti in ciascun pilastro dà il *Methodology Implementation Index* (MII), il cui valore va da un minimo di 0 ad un massimo di 100. La *World Class*

Manufacturing Association ha fissato dei traguardi da raggiungere, e i *plant* che li raggiungono vengono premiati con una medaglia:

- 50 punti: *Bronze Medal*
- 60 punti: *Silver Medal*
- 70 punti: *Gold Medal*
- 85 punti: *World Class*

La presenza del MII comporta un continuo *benchmarking* tra le varie organizzazioni che decidono di utilizzare il modello WCM.

World Class Manufacturing è, quindi, la risposta a tutte le organizzazioni che mirano al miglioramento continuo e ad avere successo in un mondo competitivo, e ha l'obiettivo di raggiungere e sostenere una competitività *World-Class* attraverso la *Manufacturing Excellence*. Un'azienda *World-Class* è in grado di traferire le *best practices* e il Know-how e, nello stesso tempo, di sviluppare le persone e la cultura del miglioramento continuo (FCA Italy, 2016).

1.3 Pilastri tecnici

In questo paragrafo sono descritti i dieci pilastri tecnici. Il pilastro *Logistics and Customer Service* è successivamente approfondito nel Par. 1.6.

1.3.1 Safety

Il pilastro tecnico *Safety* si propone il miglioramento continuo dell'ambiente di lavoro e l'eliminazione delle condizioni che potrebbero generare incidenti ed infortuni; essi si verificano in presenza di situazioni rischiose e di comportamenti pericolosi (Ketter e Massone, 2007). Tali obiettivi possono essere raggiunti diffondendo la cultura della sicurezza a tutti i vari livelli organizzativi. Il lavoratore deve essere posto nella condizione di lavorare senza esporsi al rischio di incidenti, in un luogo di lavoro dotato di accorgimenti e di strumenti atti a fornire un ragionevole livello di protezione (Palucha, 2012). Ogni Paese dispone di normative specifiche in merito alla sicurezza del posto di lavoro che prevedono sanzioni pecuniarie e anche penali in caso di mancato rispetto delle medesime, in Italia la

salute e la sicurezza sul lavoro sono regolamentate dal D. Lgs. 81/2008 noto come *Testo unico sulla sicurezza e sul lavoro*, coordinato con il D. Lgs 106/2009 e successivi.

La sicurezza non solo è importante in quanto regolata da legge, ma permette all'azienda anche di potenziare le sue prestazioni. A riguardo i manager giocano un ruolo fondamentale nella sensibilizzazione delle persone e nella costruzione e diffusione di una cultura della sicurezza. L'attività finalizzata all'azzeramento degli incidenti passa attraverso l'analisi e il miglioramento del sistema persona/macchina e dell'organizzazione aziendale. Elemento chiave comune ai tre sistemi è la misurazione consistente (Ketter e Massone, 2007):

- per quanto riguarda le persone, nell'effettuare misure per prevenire i comportamenti che possono generare errori (operare correttamente sulla macchina);
- per quanto riguarda le macchine, nell'effettuare misure per prevenire gli incidenti originati dalle macchine (prevenire il deterioramento da funzionamento);
- per quanto riguarda la gestione organizzativa, nell'effettuare misure per garantire il *commitment*.

Per quantificare gli eventi anomali per la sicurezza, avvenuti in uno stabilimento, secondo la loro gravità, si utilizza la piramide di Heinrich. Questo strumento raggruppa gli eventi anomali in sette livelli di gravità crescente. I sette livelli riguardano (Ketter e Massone, 2007):

1. *Fatal* (F): Incidenti fatali.
2. *Severe Lost Time Accident* (Sever LTA): incidenti con danni permanenti o con prognosi > 30 giorni.
3. *Lost Time Accident* (LTA): incidenti con prognosi ≤ 30 giorni.
4. *First Aid* (FA): medicazioni.
5. *Near misses* (NM): incidenti che non hanno causato alcuna lesione.
6. *Unsafe Conditions* (UC): condizioni di non sicurezza.
7. *Unsafe Acts* (UA): azioni potenzialmente pericolose.

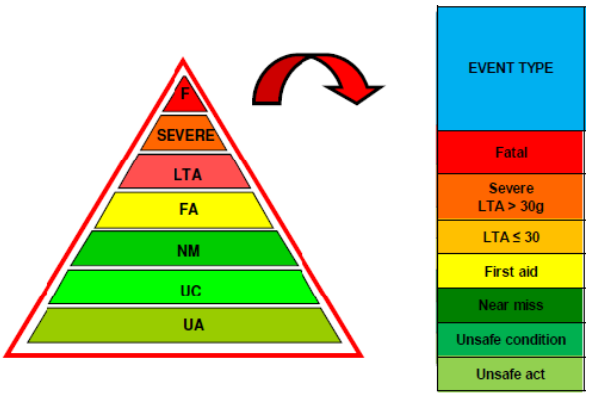


Figura 1.5 Piramide di Heinrich [Fonte: CNHi, 2009]

Per affrontare i problemi di sicurezza nell'organizzazione dello stabilimento è necessario fare un'analisi accurata non solo degli incidenti più gravi ma anche di quelli della parte bassa della piramide di Heinrich. In particolare, per incidere sui contenuti della parte bassa della piramide, prerequisito fondamentale per mantenere sotto controllo la parte alta, è necessario passare da un approccio reattivo a un approccio proattivo. In questo senso bisogna stimolare le persone, oltre ad attenersi all'applicazione delle norme e all'uso degli equipaggiamenti di protezione previsti, a partecipare alla segnalazione dei problemi e dei rischi potenziali, alla proposta di soluzioni nonché alla partecipazione nelle attività di rimozione delle cause, il tutto attraverso lo sviluppo di una cultura della sicurezza nelle persone e lo svolgimento di tutte le attività per rendere gli impianti sicuri (FIAT Industrial, 2007). Obiettivo del pilastro *Safety* è dunque azzerare il numero di infortuni e ciò richiede lo sviluppo di una cultura della prevenzione, il miglioramento dell'ergonomia del posto di lavoro e lo sviluppo di competenze adeguate alla eliminazione delle condizioni per potenziali incidenti e infortuni.

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Safety* (Ketter e Massone, 2007):

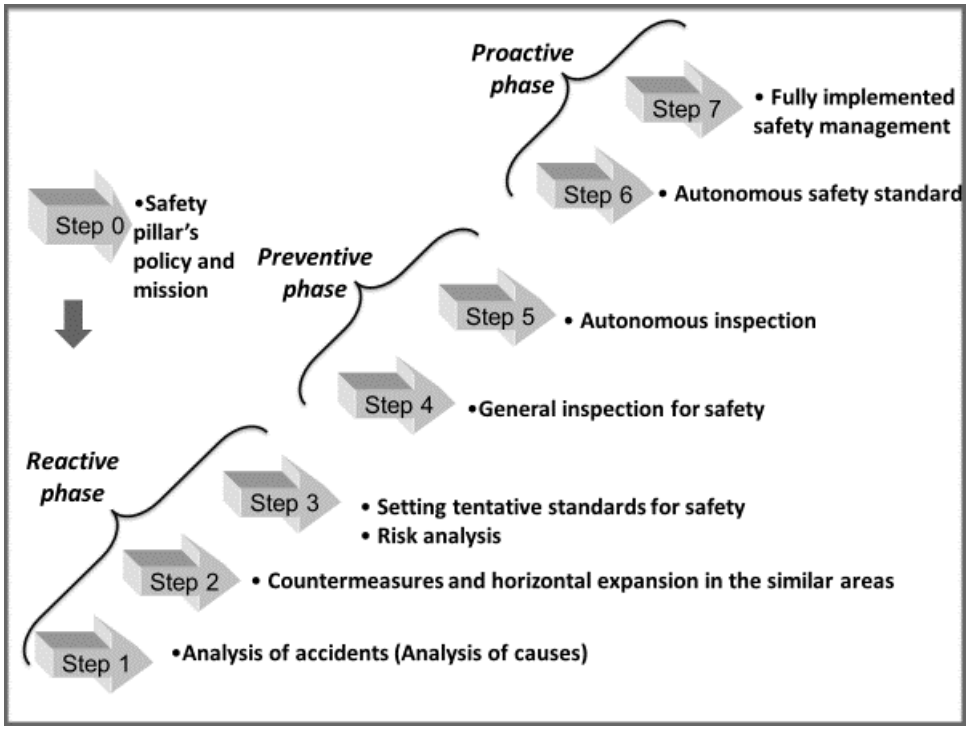


Figura 1.6 I sette step del pilastro *Safety* [Adattata da: CNHi, 2009]

Lo step 0 riguarda le attività preliminari agli step seguenti. Dopo una valutazione del posto di lavoro, questo step detta le linee guida per l'implementazione di un programma di miglioramento.

Fase Reattiva (Step 1 – 3): In questa fase intervengono gli specialisti che realizzano un sistema di audit generale sulla sicurezza. Si esaminano gli infortuni avvenuti in passato con lo scopo di applicare le corrette contromisure.

Fase Preventiva (Step 4 – 5): si procede alla formazione degli operatori alla cultura della sicurezza, per evitare comportamenti che possano portare ad infortuni;

Fase Proattiva (Step 6 – 7): nella fase proattiva si ha come obiettivo l'evoluzione del sistema di gestione della sicurezza in modo da rendere possibile il miglioramento continuo degli standard di sicurezza raggiunti.

1.3.2 Cost Deployment

Il *Cost Deployment* è un metodo di analisi dei costi produttivi che innova i sistemi di Amministrazione e Controllo degli stabilimenti e ne assicura la collaborazione con le Unità di Produzione. L'applicazione di questo pilastro consente al management di applicare efficaci programmi di miglioramento per combattere le cause di perdita più rilevanti e tutto ciò che può essere ritenuto spreco o non valore aggiunto, ottenendo il massimo livello di incremento aziendale (FIAT Industrial, 2007). Nell'impostazione del *Cost Deployment* si parte col considerare che in un processo produttivo si possono identificare perdite in termini di impianti, persone e materiali/energia e l'obiettivo principale è l'identificazione scientifica e sistematica degli sprechi e delle perdite presenti nel sistema produttivo, la loro valutazione e trasformazione in costi, e quindi la loro riduzione. Ciò è possibile mettendo in relazione le perdite risultanti con le loro cause origine, permettendo una definizione completa della perdita. Il *Cost Deployment* costituisce la bussola che orienta e guida i progetti di miglioramento continuo e facilita la scelta dei metodi e dei pilastri tecnici da attivare per la rimozione delle cause delle perdite (Ketter e Massone, 2007). Per raggiungere tutti questi obiettivi ci si avvale di matrici che permettono l'implementazione dei sette step del *Cost Deployment*.

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Cost Deployment.*

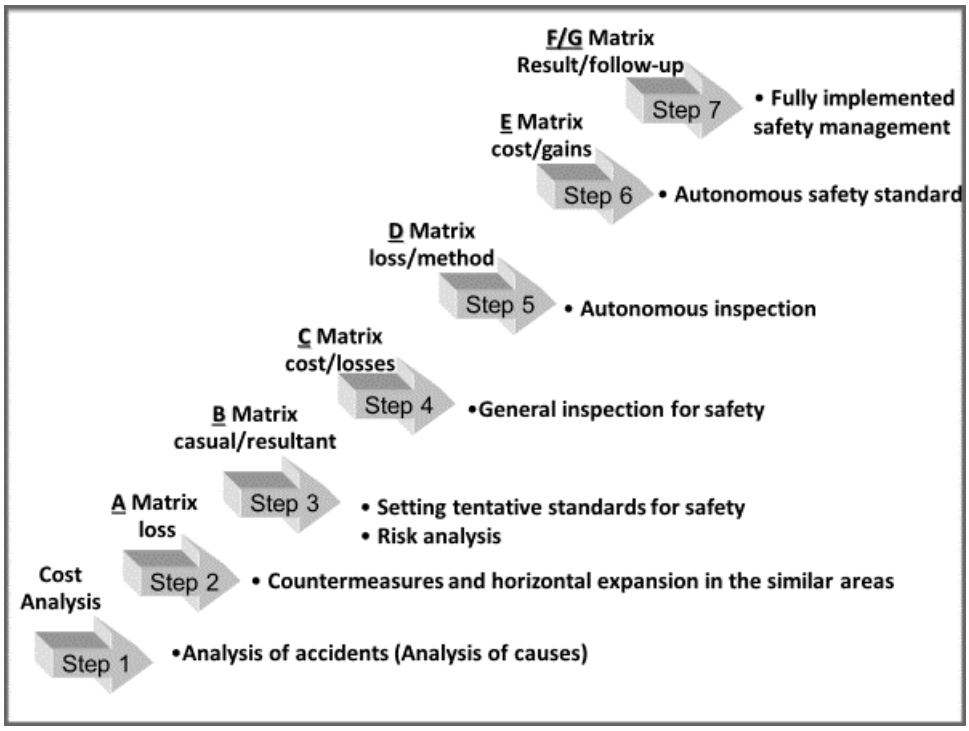


Figura 1.7 I sette step del pilastro *Cost Deployment* [Adattata da: CNHi, 2009]

Ogni matrice del *Cost Deployment* è collegata alle attività degli step. In particolare, la logica del percorso di implementazione è la seguente (Ketter e Massone, 2007):

Step 1: dai costi totali di trasformazione dello stabilimento e dall'analisi della loro struttura e composizione si stabiliscono i target di riduzione dei costi;

Step 2: si identificano qualitativamente le perdite e gli sprechi, collocandoli nei processi nei quali essi si verificano. Si realizza la *A Matrix* – Perdite/processi che, relazionando tutti i processi con le varie tipologie di perdite, permette di comprendere esattamente dove rilevare la perdita e l'impatto economico all'interno dello stabilimento, il quale può classificato come:

- NS (*not significant*): impatto non significativo,
- L (*low*): impatto basso,
- H (*high*): impatto importante.

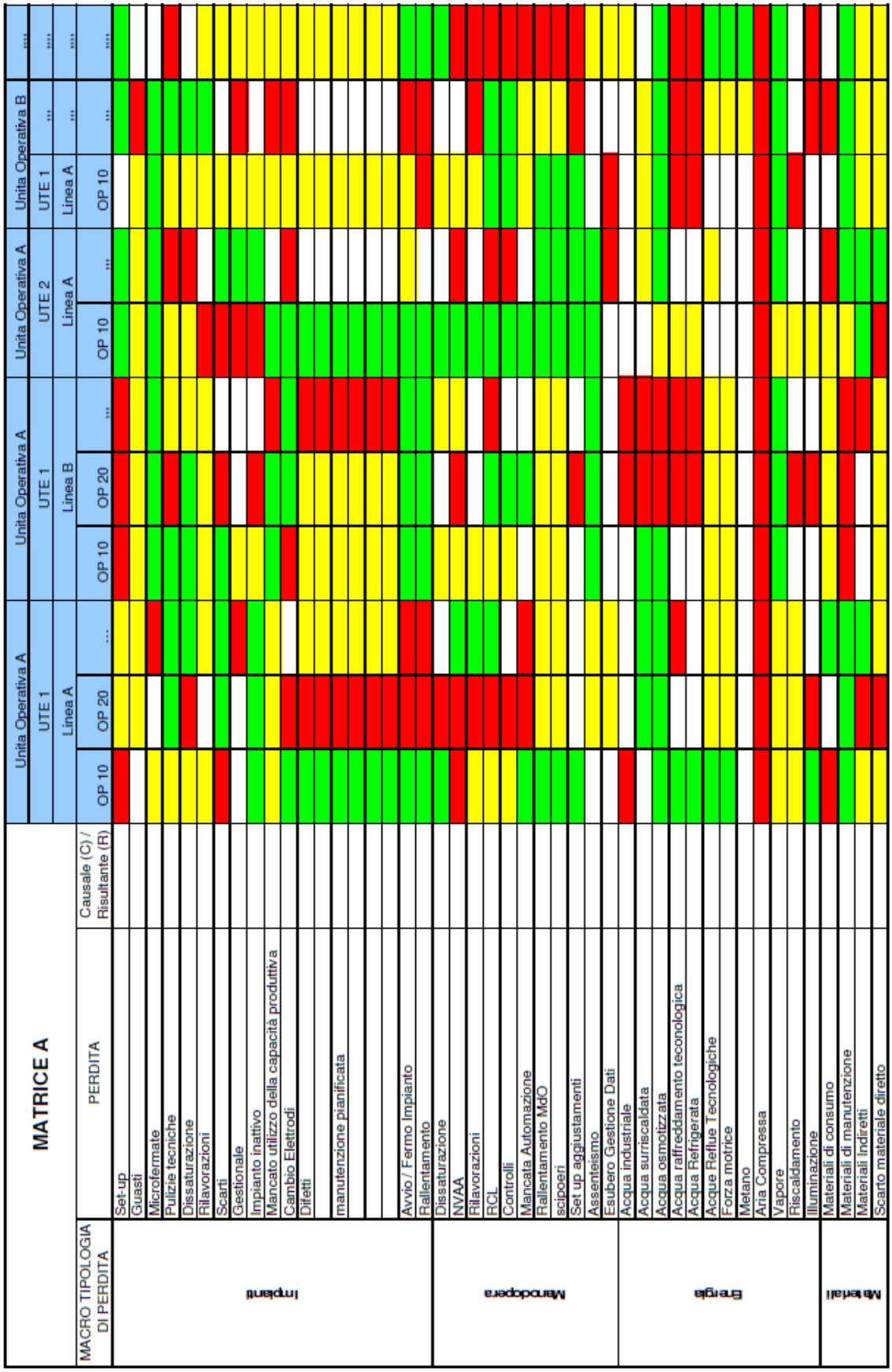


Figura 1.8 Esempio di *A Matrix:* in rosso impatti H, in giallo impatti L, in verde impatti NS [Fonte: FCA, 2015]

Step 3: si identifica la correlazione fra le perdite causali, che derivano da un problema del processo o dell'impianto, e tutte le loro perdite risultanti, che sono conseguenti ad una perdita causale. Si realizza la *B Matrix* – Causali/Risultanti che evidenzia quindi la relazione tra le une e le altre, processo per processo.

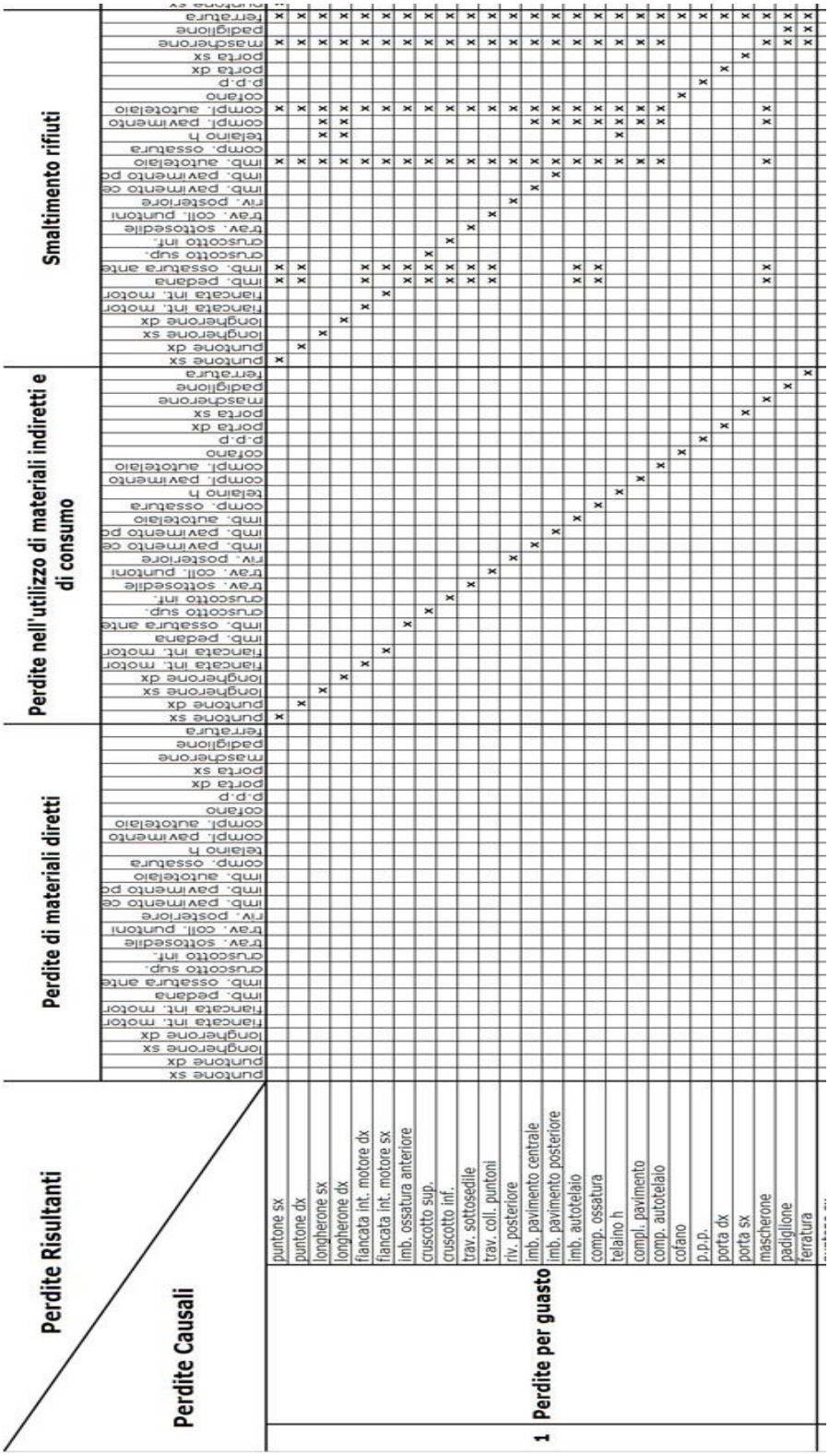


Figura 1.9 Esempio di *B Matrix*: relazione tra una perdita causale e diverse perdite risultanti [Fonte: FCA, 2015]

Step 4: le dimensioni delle perdite e degli sprechi individuati come cause originarie vengono trasformate in costi. Partendo dalle perdite causali della *B Matrix* – Causali/risultanti, si realizza la *C Matrix* – Costi/Perdite, che rappresenta il legame fra le perdite e la struttura dei costi dello stabilimento.

MATRICE C

Impianti	Guasto		Costo materiali da fornitori	Costo materiali da altri stabilim.	Costo materiali ausiliari	Ricambi per attrezzature	Personale interno	Produzione	Manutenzione	Trasporti	Energia	Smaltimento	altro	TOTALE
		Body shop			1.050,00 €	7.658,00 €	12.089,00 €	2.751,00 €	8.388,00 €		3.936,00 €		8.952,00 €	44.824,00 €
		Paint Shop			117,00 €	1.139,00 €	33.337,00 €	2.061,00 €	1.585,00 €		7.741,00 €			45.980,00 €
		Assembly Shop					14.992,00 €	14.932,00 €	15.250,00 €		1.585,00 €			46.759,00 €
	Micro fermata	Body shop		2,00 €	20,00 €	37,00 €	412,00 €	51,00 €	82,00 €		60,00 €		38,00 €	702,00 €
		Paint Shop		28.327,00 €			5.247,00 €		15.740,00 €		3.871,00 €			53.185,00 €
		Assembly Shop												- €
	cambio elettrodi	Body shop		37,00 €	250,00 €		3.749,00 €	717,00 €			805,00 €		726,00 €	6.284,00 €
		Paint Shop												
		Assembly Shop												
	rallentamento	Body shop												
		Paint Shop												
		Assembly Shop												
	gestionale	Body shop												
		Paint Shop												
		Assembly Shop												
	difetti e rilavorazioni	Body shop												
		Paint Shop												
		Assembly Shop												
Manodopera	Scioperi	Body shop												
		Paint Shop												
	n.v.a.a	Assembly Shop												
		Body shop												
		Paint Shop												
		Assembly Shop												

Voci di costo

Perdite e Processi

Figura 1.10 Esempio di *C Matrix* [Adattata da: FCA, 2015]

Questi primi quattro step sono composti, quindi, da attività preparatorie con l'obiettivo di rendere efficaci le attività a valore aggiunto degli step successivi.

Step 5: si stabiliscono le perdite prioritarie, cioè che generano maggiori costi e si realizza la *D Matrix* – Perdite/metodi, che aiuta a scegliere i metodi per la loro eliminazione o riduzione. Esistono due tipi di approccio per la riduzione/eliminazione delle perdite:

- Miglioramento focalizzato: orientato alla soluzione di tematiche specifiche e univocamente identificabili, si concentra sul singolo problema e ottiene i risultati in tempi brevi. Si fa riferimento al pilastro tecnico *Focused Improvement*;
- Miglioramento sistematico: orientato alla soluzione di tematiche generali e non univocamente identificabili, richiede un tempo maggiore ma ha un impatto più esteso e previene nel tempo il verificarsi di altre perdite. Si fa riferimento ai pilastri tecnici *Safety, Autonomous Maintenance, Workplace Organization, Professional Maintenance, Quality Control, Logistics and Customer Service, People Development*.

Gli input necessari per la matrice D saranno la Matrice C, la conoscenza dei metodi focalizzati e sistematici per attaccare le perdite e i KPI di stabilimento. Le perdite da attaccare vengono identificate basandosi sull'indice ICE, il quale permette di sottoporre le perdite causali più importanti a una valutazione degli impatti, del costo e della facilità di attacco (FCA, 2015):

$$ICE = I \times C \times E$$

dove:

- l'impatto (I) rappresenta il valore economico della perdita individuata;
- il costo (C) rappresenta il valore economico dei costi da sostenere per l'attuazione del miglioramento;
- la facilità (E) rappresenta il livello di facilità nell'affrontare la perdita, tenendo conto di tempi e risorse necessarie.

I, C ed E vengono espressi qualitativamente con un punteggio da 1 (basso impatto) a 5 (alto impatto). Quindi, l'indice ICE, esprime qualitativamente, con un ranking da 1 a 125, il livello di attaccabilità della perdita.

MATRICE D

Macro Tipologia di Perdita	Tipologia di Perdita	Processo	Perdita Totale (€/anno)	Metodologia (Pilastro)										Benefici su KPI			ICE				Priorità
				S	CD	FI	AM/ WO	PM	QC	LOG	EEM	PD	E	Sicurezza	Qualità	Produttività	Impact (alto:5;basso: 1)	Cost (Alto:1 ; Basso:5)	Easyness (Alto: 5 ; Basso:1)	ICE	
Impianti	Perdita A	UTE 1																			
		UTE 3																			
		UTE 4																			
		UTE 7																			
		UTE8																			
	Perdita B	.....																			
	Perdita E	.....																			

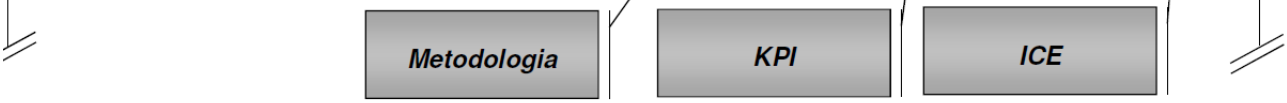


Figura 1.11 Esempio di *D Matrix* [Fonte: FCA, 2015]

Step 6: dopo aver identificato i metodi più appropriati per ridurre le perdite importanti è necessario eseguire un bilancio economico tra costo di implementazione del nuovo metodo e beneficio derivante dalla riduzione della perdita. In questo step si mostra una stima dei costi dei progetti di miglioramento che si vogliono implementare e si realizza la *E Matrix* – Costi/Benefici con cui è possibile scegliere quali iniziative di miglioramento intraprendere per prime. Questa matrice rappresenta la visione d'insieme dei progetti di miglioramento WCM avviati ed elenca per ogni progetto i valori pianificati ed effettivi in termini di Costi/benefici e impatto sui KPI di stabilimento.

MATRICE E

ID	Stabilimento	Unità operativa impianto	UTE/impianto	Macrotipologia di perdita	tipo di perdita	Nome del progetto	Responsabile progetto	Metodologia applicata (pilastro)	WCM tool						Perdita potenziale mensile	Periodo di riferimento		Obj% recupero annuale vs. perdita	Costo progetto	Investimento fuori WCM	Costo totale Savings 12 mesi	Previous year: Current saving	Current year: Forecasted saving	Next year: Forecasted saving	Data progetto	
									5 W	5 W 1 H	EWO	4 M	OPL			Inizio	Fine								Inizio	Fine
1																										
2																										
3																										
...																										

Figura 1.12 Esempio di *E Matrix* [Adattata da: FCA, 2015]

Step 7: si realizza la *F Matrix* – piani di miglioramento, e attraverso il suo utilizzo si effettua il monitoraggio e il *follow up* dei progetti di miglioramento avviati; è l'ente *Finance* che monitora, con il supporto dei team del pilastro. Si realizza infine la *G Matrix* – Progetto/Budget che rappresenta il legame tra progetti e budget per verificare se il piano è migliorabile, quindi consiste nel mettere in relazione i *saving* realizzati al budget dello stabilimento.

MATRICE F

num progetto	Impianto	Tipo di perdita attaccata	Progetto		Recupero annuale della perdita (da E Matrix)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
L_07_09	Cofano	guasto	Miglioramento efficienza	Budget	**14,42**	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	1,31	1,57	0,10	1,47	1,26	1,05	1,05
				Forecast	**14,42**	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	1,31	1,57	0,10	1,47	1,26	1,05	1,05
				Current	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L_08_09	Longherone sx	guasto	Miglioramento efficienza	Budget	**25,87**	0,00	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	8,42	6,75	0,11	1,54	1,22	1,22
				Forecast	**25,87**	0,00	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	8,42	6,75	0,11	1,54	1,22	1,22
				Current	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L_09_09	Cofano	N.V.A.A	Installazione robot in lavorazione	Budget	**51,38**	0,00	1,57	1,26	1,73	1,00	14,32	1,26	1,73	1,00	8,42	6,75	12,34
				Forecast	**51,38**	0,00	1,57	1,26	1,73	1,00	14,32	1,26	1,73	1,00	8,42	6,75	12,34
				Current	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L_10_09	p.p.p.	N.V.A.A	Installazione robot in lavorazione	Budget	**25,94**	0,00	0,00	1,32	1,45	14,56	1,00	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	1,00
				Forecast	**25,94**	0,00	0,00	1,32	1,45	14,56	1,00	1,05	1,57	1,26	1,73	1,00	1,00
				Current	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				TOT. BDG	117,61	-1,05	-4,19	-5,41	-6,17	18,29	17,63	12,30	10,15	3,84	12,95	10,02	15,61
				TOT. FRC	117,61	-1,05	-4,19	-5,41	6,17	18,29	17,63	12,30	10,15	3,84	12,95	10,02	15,61
				TOT. CURR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				BDG Progr.		18,07	60,17	114,69	218,61	278,44	357,17	451,64	457,94	546,11	609,09	662,63	757,10
				CURR. Progr.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

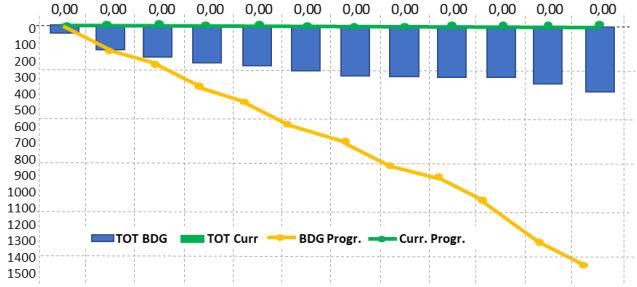


Figura 1.13 Esempio di *F Matrix* [Adattata da: FCA, 2015]

MATRICE G

						Scarto materiali diretti	Materiali di consumo	Materiali manutenzione	Manod. Diretta	Stipendi	Manod. Indir	handling	Prestaz.	Trasporti	Energia	Pulizie	Smaltimento	Altro	Totale
	Base Costi Anno in Corso																		
	Volume e Mix incrementale																		
	Assorbimento																		
	Fenomeni eccezionali																		
	Incremento costo atteso																		
	Decremento costo atteso																		
	Somma per quadratura					€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
	num progetto	Impianto	Macro tipologia di perdita	Tipo di perdita attaccata	Progetto														
Body Shop																			
	Totale Body Shop																		
Paint Shop																			
	Totale Paint Shop																		
Assembly Shop																			
	Totale Assembly Shop																		
Totale Saving da progetti Cost Deployment																			
Incremento prezzo																			
Budget Anno Successivo																			

Figura 1.14 Esempio di *G Matrix* [Adattata da: FCA, 2015]

Concluso lo step 7, le attività di *Cost Deployment* devono ripartire dallo step 5, rivedendo la *A Matrix* – Costi/Perdite, al fine di selezionare altre perdite.

1.3.3 Focused Improvement

Il pilastro tecnico *Focused Improvement* è connesso al *Cost Deployment*, infatti il suo principale obiettivo consiste nell'eliminare le principali voci di perdita individuate tramite il *Cost Deployment*, che hanno un forte impatto sul budget e sui KPI di stabilimento (Palucha, 2012). In questo modo, le organizzazioni si concentrano sulle perdite rilevanti e non sprecano risorse su problemi di minore importanza (Ketter e Massone, 2007). L'obiettivo è quindi quello di ottenere una riduzione degli sprechi nel sistema di produzione e di eliminare attività che non generano valore aggiunto, utilizzando la logica del miglioramento focalizzato (Palucha, 2012). Secondo questa logica, a fronte di un problema, inteso come deviazione dallo standard, non ci si limita ad individuare una soluzione tampone ma si instaura un ciclo finalizzato a individuare le cause della deviazione dallo standard e ad attuare delle azioni correttive mirate a rimuoverle definitivamente per ripristinare o introdurre un nuovo standard specifico (Palucha, 2012). Lo strumento utilizzato è il ciclo di miglioramento PDCA, il quale consiste in:

- *Plan* (P): capire il problema, identificare le cause, verificarle, trovare le soluzioni e metterle in ordine di priorità;
- *Do* (D): applicare la soluzione trovata;
- *Check* (C): verificare l'efficacia della soluzione e monitorarla;
- *Act* (A): standardizzare la soluzione implementata e diffonderla alle situazioni simili.

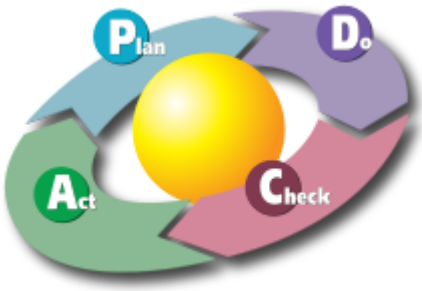


Figura 1.15 Ciclo PDCA. Fonte: [3]

È così raffigurato in quanto lo standard definito può essere ulteriormente sfidato da nuove soluzioni di miglioramento. Alla fine di un ciclo, quando il cambiamento è entrato nella normalità, si inizia un nuovo ciclo, realizzando in questo modo un processo di miglioramento continuo, detto *Kaizen* (Santucci, 2011).

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Focused Improvement.*

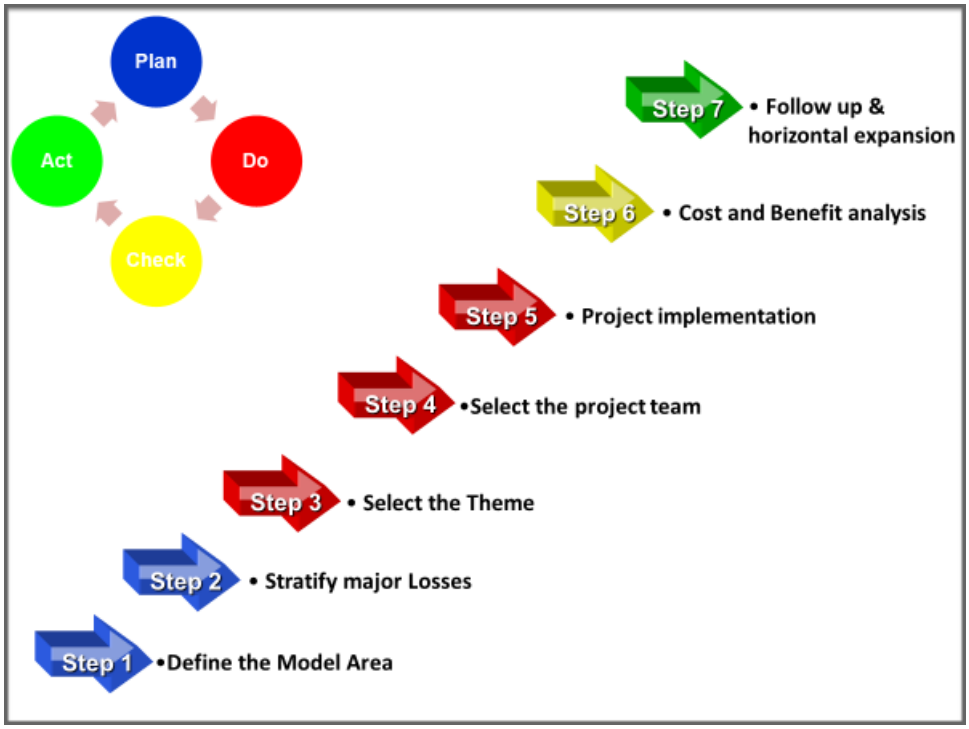


Figura 1.16 I sette step del pilastro *Focused Improvement* [Adattata da: CNHi, 2009]

I sette step del percorso di realizzazione di questo pilastro sono equiparabili alle fasi del ciclo PDCA. In particolare (Ketter e Massone, 2007):

Step 1, 2 – Plan: l'obiettivo è quello di individuare le perdite su cui intervenire e capire il problema. Ciò si può fare attraverso attività di stratificazione e devono integrarsi in modo crescente con il *Cost Deployment.*

Step 3, 4, 5 – Do: hanno il fine di selezionare i problemi sui quali intervenire, definire il team di progetto, pianificare il progetto, selezionare gli strumenti di *Focused Improvement* adatti alla soluzione del problema e di identificare le cause e le soluzioni.

Step 6 – Check: è finalizzato a verificare la soluzione implementata attraverso l'analisi costi/benefici.

Step 7 – Act: ha lo scopo di standardizzare la nuova soluzione implementata, creando conoscenza e di espanderla orizzontalmente.

1.3.4 Autonomous Activities

Il pilastro *Autonomous Activities* si divide in due attività: *Autonomous Maintenance* e *Workplace Organization*.

Autonomous Maintenance

Autonomous Maintenance riguarda le attività di manutenzione preventive di primo livello: ispezioni, pulizie, controlli, smontaggi, sostituzioni, piccolo riparazioni. Il suo scopo è quello di prevenire i guasti degli impianti e le micro fermate quando questi accadono a causa del mancato mantenimento delle condizioni di base dei macchinari. La manutenzione autonoma deve essere applicata da tutte le persone che operano nella produzione e che interagiscono quotidianamente con le macchine e gli impianti (Ketter e Massone, 2007). Le operazioni tipiche del pilastro *Autonomous Maintenance* sono la pulizia, la lubrificazione, la regolazione di piccoli serraggi, il controllo della temperatura, del rumore e delle vibrazioni, le riparazioni minori e i miglioramenti minori. La manutenzione autonoma è un approccio sistematico al miglioramento impiantistico dello stabilimento con il fine di saper gestire in modo autonomo, da parte degli operatori della produzione, l'ispezione, il controllo e il ripristino delle condizioni delle macchine, eliminando le cause dello sporco, attraverso l'applicazione di standard e il loro miglioramento continuo. Nelle fasi iniziali, l'obiettivo della *Autonomous Maintenance* è il mantenimento delle condizioni di base degli impianti e dei macchinari. Ciò si realizza assicurando l'uso corretto delle macchine, la pulizia, la lubrificazione e la sicurezza. lo scopo finale è stabilizzare le condizioni in cui operano le macchine, di migliorare la loro affidabilità e allungare il loro ciclo di vita. In questo modo si ottiene il miglioramento del risultato qualitativo della macchina sul prodotto (FIAT Industrial, 2007).

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Autonomous Maintenance* (Ketter e Massone, 2007):

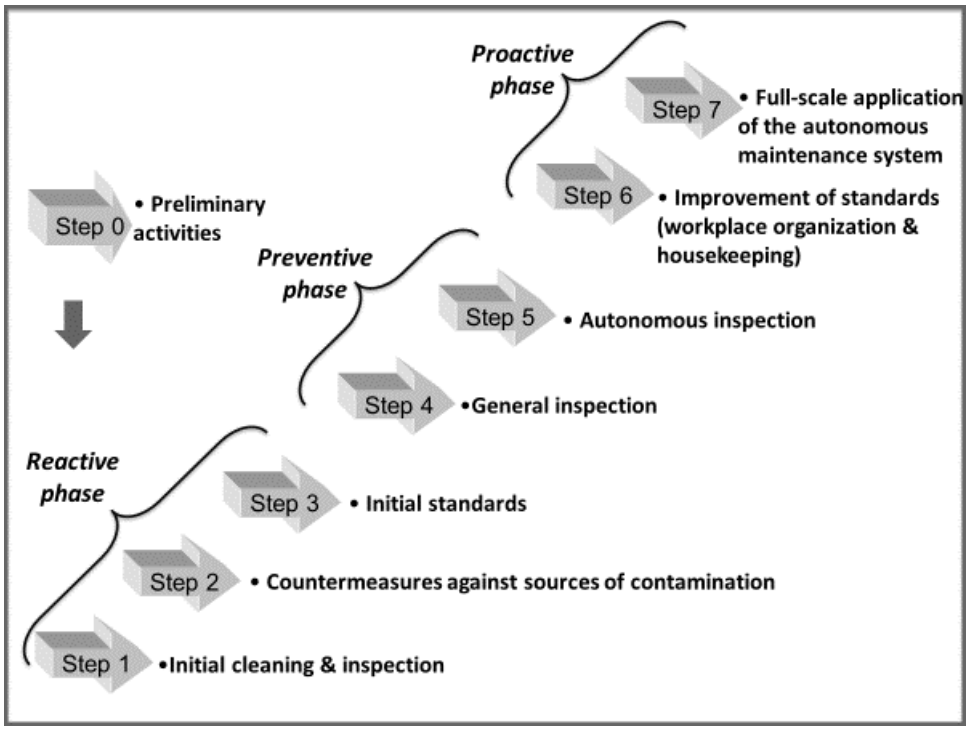


Figura 1.17 I sette step del pilastro *Autonomous Maintenance* [Adattata da: CNHi, 2009]

Step 1: riportare gli impianti alle condizioni di base;

Step 2: individuare le sorgenti di contaminazione e implementare le relative contromisure;

Step 3: prevenire quindi il deterioramento forzato ottimizzando il primo standard di manutenzione autonoma;

Step 4 e *Step 5*: iniziare ad individuare sulle macchine le condizioni per la qualità del prodotto e provare a migliorare l'attuale standard di manutenzione autonoma, rendendolo più efficiente;

Step 6 e *Step 7*: apprendimento da pare degli operatori delle nuove regole e modalità al fine di riuscire a continuare a svolgere le attività di manutenzione autonoma in modo indipendente.

I primi tre step hanno dunque lo scopo di generare un cambiamento nelle macchine, il quarto e il quinto step sono finalizzati a generare un cambiamento nelle persone, in quanto le ispezioni vengono condotte direttamente dagli operatori e ciò porta a comprensione e assunzione di responsabilità verso ciò che si sta controllando. Gli ultimi due step hanno lo scopo di determinare un cambiamento duraturo nella gestione della manutenzione, in quanto

l'addetto diventa responsabile della propria area di lavoro in termini di qualità e affidabilità delle macchine.

Workplace Organization

La seconda attività autonoma viene fatta sulle aree ad alta intensità di attività manuali. Il pilastro *Workplace Organization* è un insieme di criteri tecnici, metodi e strumenti con lo scopo di creare un luogo di lavoro ideale per assicurarsi la migliore qualità, la massima sicurezza e il valore massimo (Ketter e Massone, 2007). Tutto ciò attraverso l'attuazione di azioni di ripristino e miglioramento continuo col fine di garantire l'ergonomia e la sicurezza del posto di lavoro, di assicurare la qualità del prodotto e migliorare la produttività.

Vi è dunque il bisogno di creare, nelle aree di lavoro, standard che permettono di uniformare i comportamenti degli operatori a garanzia della ripetibilità del processo. A causa della molteplicità dei processi e delle condizioni di lavoro, il team di *Workplace Organization* richiede la presenza e l'integrazione di diverse funzioni e competenze. Vi sarà il responsabile dell'Unità Operativa, che solitamente ricopre il ruolo di *pillar leader*, il responsabile di Produzione, il responsabile dell'Ingegneria, il responsabile della Logistica, il referente per l'Ergonomia e la Sicurezza dell'Unità Operativa, e il responsabile della Qualità.

I risultati attesi delle attività svolte attraverso questo pilastro tecnico consistono in una significativa riduzione delle principali perdite legate alla non qualità del prodotto e alla ridotta produttività del processo, in un miglioramento consistente dell'ergonomia e in una riduzione rilevante della movimentazione del materiale (Ketter e Massone, 2007).

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Workplace Organization* (Ketter e Massone, 2007):

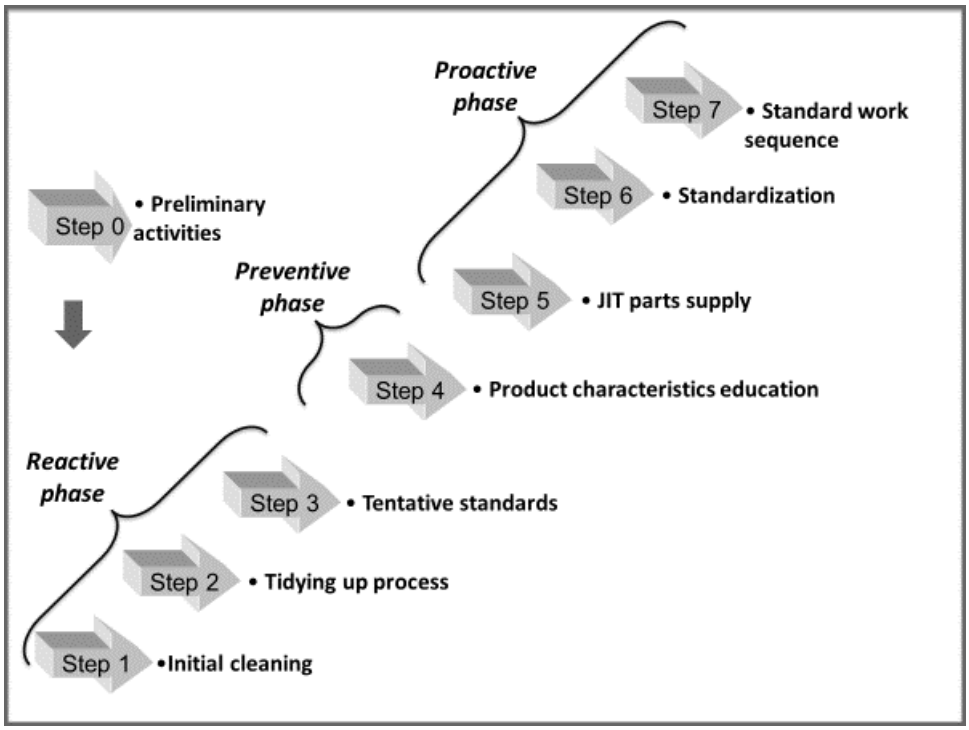


Figura 1.18 I sette step del pilastro *Workplace Organization* [Adattata da: CNHi, 2009]

Nella fase reattiva, si ristabiliscano le condizioni di base delle postazioni in termine di ordine e pulizia della postazione di lavoro (Step 1, Step 2, Step 3);

Nella fase preventiva si definiscano le condizioni di utilizzo delle postazioni e i metodi di lavoro da applicare (Step 4);

Nella fase proattiva si standardizzino le modalità di rifornimento, la collocazione del materiale a lato linea, i movimenti degli operatori, le procedure e le sequenze di lavoro al fine di eliminare la variabilità della qualità e di migliorare i cicli di lavoro (Step 5, Step 6 e Step 7).

I primi tre step hanno dunque il fine di creare un cambiamento nell'organizzazione delle postazioni di lavoro, passando da condizioni di disordine, sporco, potenziale pericolosità, movimentazioni inutili a condizioni di ordine, pulizia, sicurezza, efficienza dei cicli di lavoro. In uno stabilimento *World Class* i materiali e le attrezzature sono ordinatamente sistemati e le aree di lavoro perfettamente pulite. Il quarto step è finalizzato a generare un cambiamento nelle persone: il controllo condotto direttamente dagli operatori genera la comprensione e l'assunzione di responsabilità. Gli ultimi tre step hanno lo scopo di

determinare un cambiamento duraturo nella gestione delle attività degli operatori attraverso l'applicazione del nuovo sistema di organizzazione del posto di lavoro.

1.3.5 Professional Maintenance

Il pilastro tecnico *Professional Maintenance* si riferisce alle attività finalizzate alla costruzione di un sistema di manutenzione capace di ridurre a zero i guasti e le micro fermate delle macchine e degli impianti e di ottenere risparmi e aumento di efficienza, prolungando il ciclo di vita delle macchine attraverso l'utilizzo di pratiche di manutenzione capaci di allungare la vita dei componenti.

Professional Maintenance si occupa dunque del controllo e dell'analisi dei guasti, organizzando dei piani sostenibili di Manutenzione Pianificata, sostenendo gli addetti della *Autonomous Maintenance* attraverso l'aumento delle competenze di ispezione (Palucha, 2012). I manutentori effettuano uno studio dell'Unità Operativa e delle relative problematiche e viene eseguita la manutenzione più adeguata. Le tipologie di manutenzione dipendono dalle caratteristiche del contesto organizzativo e occorre quindi mettere a punto una strategia che definisca il mix migliore di approcci e tipologie (FIAT Industrial, 2007). In presenza di una tipologia organizzativa dove gli impianti non sono essenziali e vi è forte presenza di manodopera, come un'Unità Operativa di Montaggio, il mix migliore è quello che prevede una manutenzione autonoma di base, pulizia, lubrificazione, ispezione, manutenzione a guasto e una minore presenza di manutenzione periodica, preventiva e correttiva. In presenza, invece, di una condizione organizzativa dove vi è molta automatizzazione e scarsa presenza di manodopera, come in un'Unità Organizzativa di Verniciatura, il mix migliore è costituito da una manutenzione autonoma di base, nessuna manutenzione a guasto, molta manutenzione periodica, predittiva e correttiva (Ketter e Massone, 2007).

Gli interventi reattivi a guasti comportano costi di manutenzione relativamente bassi, ma le perdite potrebbero essere elevate. Se si introduce la manutenzione preventiva, i costi di manutenzione aumentano, poiché si dovranno svolgere attività di straordinario, di formazione per accrescere le competenze di operatori e manutentori, ma si riducono le perdite dovute a guasti e micro fermate.

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Professional Maintenance* (Ketter e Massone, 2007):

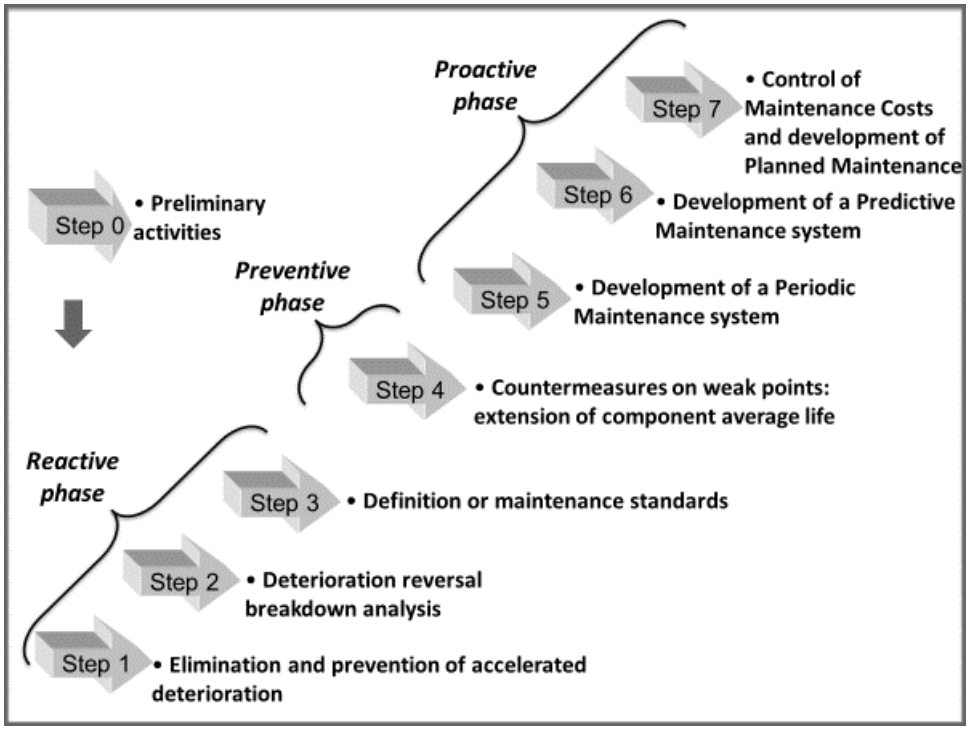


Figura 1.19 I sette step del pilastro *Professional Maintenance* [Adattata da: CNHi, 2009]

Le attività dei primi tre step hanno lo scopo di stabilizzare il tempo medio tra i guasti (MTBF – *Mean Time Between Failures*) attraverso l'eliminazione e la prevenzione del degrado accelerato, l'analisi dei guasti e la definizione degli standard di manutenzione preventiva. L'approccio è quello della manutenzione preventiva. Al termine di questi step i guasti sulle macchine devono essere portati a zero.

Step 4 e Step 6 hanno lo scopo di allungare il ciclo di vita delle macchine attraverso attività di manutenzione correttiva e predittiva.

Step 5 ha lo scopo di ripristinare il deterioramento in modo periodico attraverso la costruzione di un sistema di manutenzione preventiva.

Step 7 ha lo scopo di istituzionalizzare il sistema di manutenzione, di gestirlo e di valutarlo.

1.3.6 Quality Control

Il pilastro tecnico *Quality Control* persegue l'obiettivo della soddisfazione del cliente riducendo al minimo i costi, adeguando i sistemi produttivi ed aumentando le competenze degli addetti sulla soluzione di problemi di qualità (Palucha, 2012). La qualità è essenziale per la creazione di valore e un'impresa *World Class* è consapevole di quanto il livello di qualità dell'output sia importante. La qualità si riesce a migliorare e a rendere più stabile solo se si va all'interno del processo produttivo ad individuare le cause radice, eliminarle e porre condizioni affinché quella causa radice non si ripresenti più in futuro, non investendo solo sui controlli a valle. L'obiettivo di questo pilastro è, quindi, un sistema di controllo a priori anziché a posteriori, cercando di non concentrarsi più solo sul controllo finale ma prevenendo i difetti di lavorazione, al fine di definire le condizioni idonee per avere 0 difetti (Ketter e Massone, 2007).

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Quality Control* (FCA, 2015):

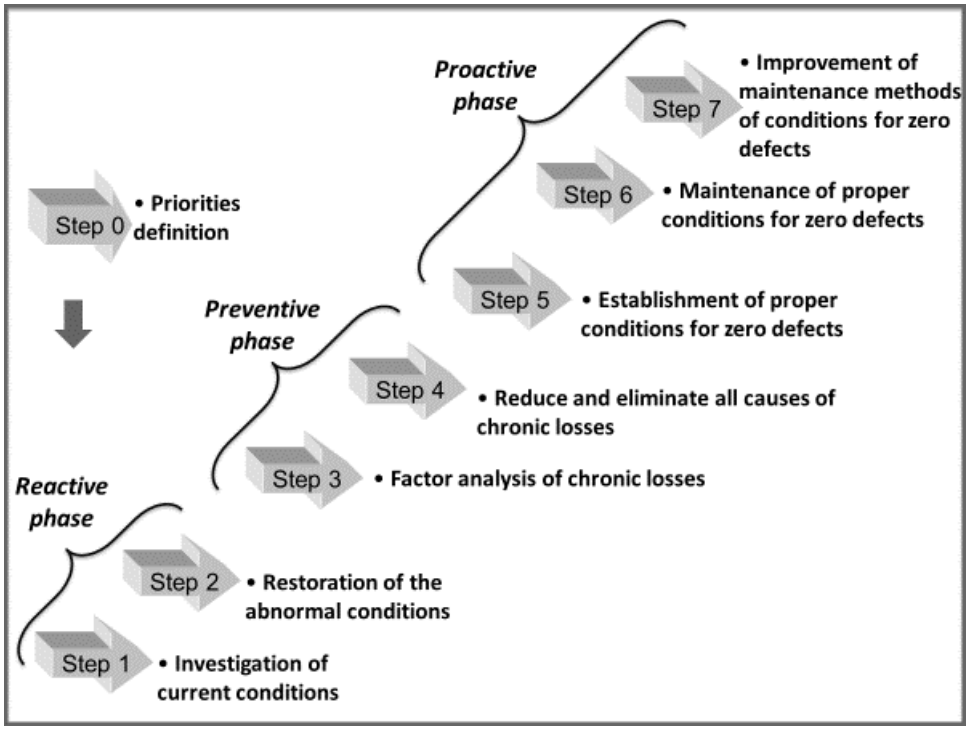


Figura 1.20 I sette step del pilastro *Quality Control* [Adattata da: CNHi, 2009]

Nella fase reattiva (step 1 e step 2), ci si trova a fronteggiare una serie di non conformità di diversa frequenza, diverso costo, diversa gravità, rilevati in diversi punti del processo. Si

realizza la *Quality Assurance Matrix* (*QA Matrix*), che, combinando tutti gli aspetti che si vogliono considerare, ci consente di sintetizzarli in un unico indice, chiamato Indice di Priorità, secondo il quale si andranno a classificare le non conformità utilizzando un diagramma di Pareto che indicherà da dove iniziare. La *QA Matrix* evidenza la correlazione tra le Non Conformità, le cause radice che le hanno generate e il processo di produzione che le ha generate. Nello step 2 si ripristina l'impianto alle corrette condizioni di lavoro per le cause conosciute.

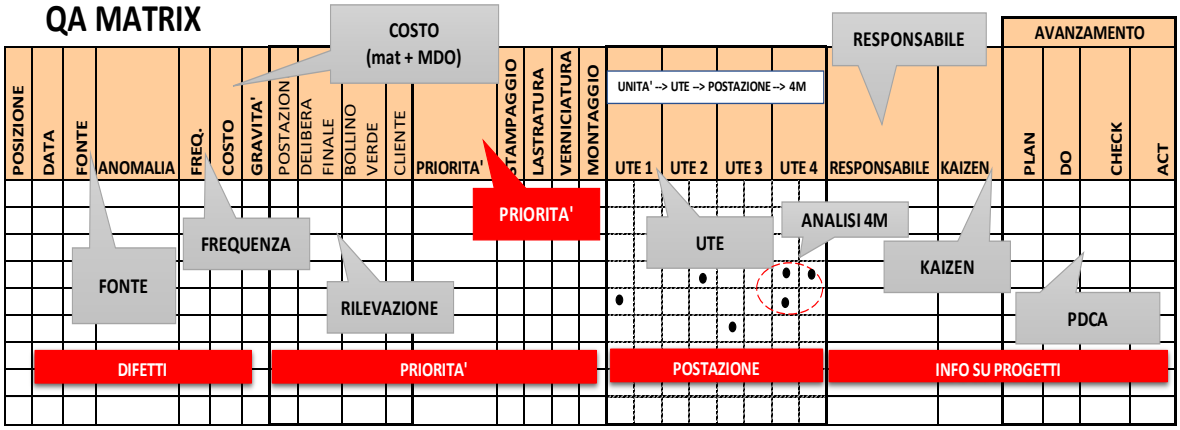


Figura 1.21 Esempio di *QA Matrix* [Adattata da: FCA, 2015]

Nella fase preventiva (step 3 e step 4), si passa all'analisi dei fattori di cause sconosciute e si cerca di ridurre o, se è possibile, eliminare tutte le possibili cause di perdite croniche.

Nella fase proattiva (step5, step 6 e step 7), si individuano i parametri dell'impianto che influenzano la qualità e le condizioni ideali in cui bisogna lavorare per avere "Zero difetti". Si realizza quindi la *X Matrix*, che serve per individuare la correlazione tra Difetto, Fenomeno fisico, Componenti macchina e Parametri macchina. I risultati di tale analisi saranno utilizzati per definire i requisiti macchina ideali (FCA, 2015). Nello step 6 si definiscono delle ispezioni periodiche da eseguire sui parametri individuati e si realizza la *Quality Maintenance Matrix* (*QM Matrix*), che permette di visualizzare, per tutti i parametri correlati al difetto indicati nella *X Matrix*, i valori nominali con le rispettive tolleranze, il sistema di controllo, la frequenza di controllo, il responsabile del controllo, allo scopo di garantire il corretto funzionamento dell'impianto e di ottenere quindi le condizioni per zero difetti. Nell'ultimo step si punta al miglioramento dei metodi di mantenimento delle condizioni per zero difetti.

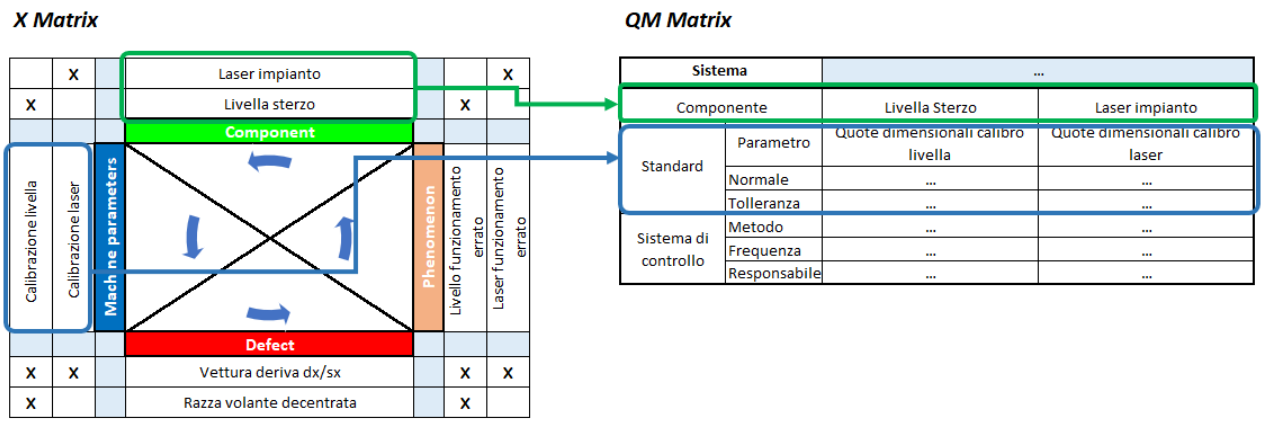


Figura 1.22 Esempio di X Matrix e QM Matrix [Adattata da FCA, 2017]

1.3.7 Logistics and Customer Service

Il pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* persegue i seguenti obiettivi (Ketter e Massone, 2007):

- incremento della soddisfazione del cliente, sia in termini di qualità del prodotto che di riduzione dei tempi di consegna;
- riduzione dei costi del capitale investito nei semilavorati e nel *work in progress*;
- riduzione dei costi di movimentazione dei componenti.

Per raggiungere i tre obiettivi sopra descritti, questo pilastro tecnico utilizza tre princìpi guida (FIAT Industrial, 2007): il primo è quello della sincronizzazione tra produzione vendita (*Production and Sales Sinchronization*), che permette di riuscire a produrre esattamente ciò che è necessario per soddisfare il cliente, al momento giusto e nella quantità esatta. Questo comporta la minimizzazione dei componenti e dei semilavorati all'interno delle fabbriche e la minimizzazione del *Lead Time* al fine di ridurre i tempi di consegna. Per fare ciò occorrerà analizzare accuratamente la domanda del cliente; passare dal concetto *make to stock* (tipologia di sistema produttivo in cui l'ordine del cliente si rivolge al magazzino dei prodotti finiti), al concetto *make to order* (sistemi produttivi in cui il prodotto si inizia a produrre nel momento in cui il cliente fa l'ordine); avere un sistema produttivo altamente flessibile; applicare la logica *Just in Time* (JIT) e quindi passare da un flusso produttivo *push* (la produzione si basa su previsioni della domanda), ad un flusso produttivo *pull* (la produzione è basata sulla richiesta reale del cliente, evitando di produrre ciò che non serve); e avere le funzioni aziendali di vendita, distribuzione, produzione e acquisti fortemente integrate.

Il secondo principio si basa sulla minimizzazione del magazzino (*Minimize Inventory*) per creare un flusso produttivo continuo e, infine, il terzo principio si basa sulla riduzione al minimo dello spostamento e della manipolazione dei materiali (*Minimum Material Handling*).

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*, il quale verrà approfondito a fine capitolo, (Ketter e Massone, 2007):

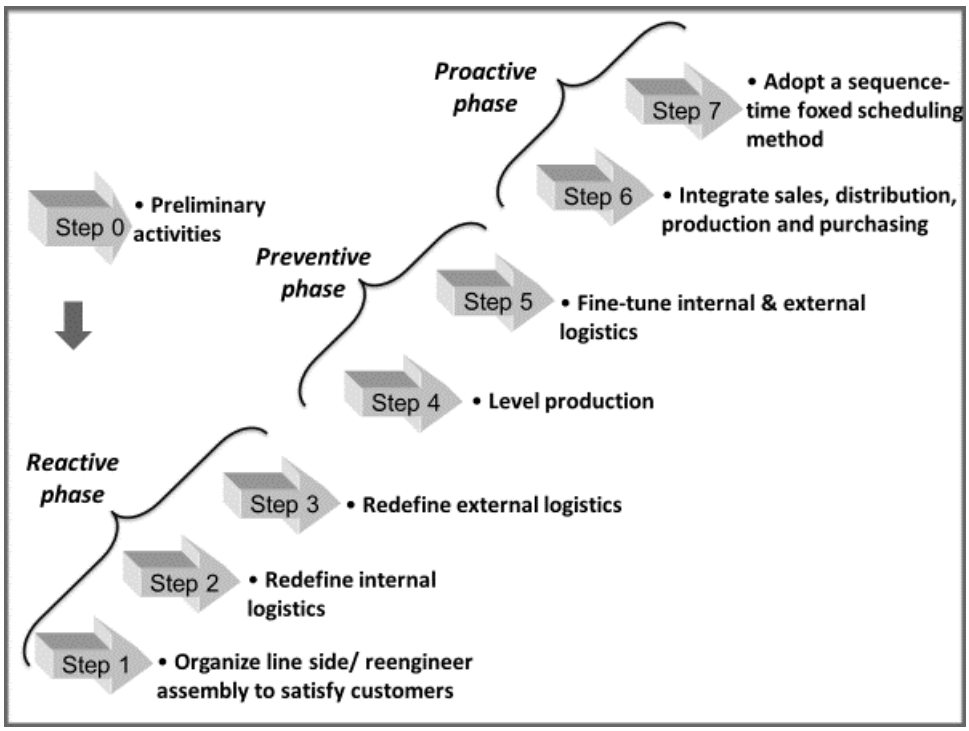


Figura 1.23 I sette step del pilastro *Logistics and Customer Service* [Adattata da: CNHi, 2009]

Nella fase reattiva (step 1, step 2 e step 3), l'obiettivo è creare un flusso logistico nello stabilimento con la re-ingegnerizzazione della linea produttiva, della logistica interna e della logistica esterna. In questa fase si cerca di ridurre il Lead Time, i tempi di set up dei macchinari e la dimensione dei lotti, di eliminare la movimentazione inutile dei materiali e di altri sprechi logistici, di pulire e riordinare gli ambienti e di applicare la logica *First In First Out* (FIFO) per la gestione dei materiali.

Nella fase preventiva (step 4 e step 5), l'obiettivo è quello di creare un flusso continuo attraverso il livellamento della produzione, in modo che ogni reparto produca solo ciò che serve a valle, e intervenendo sulla logistica interna ed esterna per raggiungere l'obiettivo di zero difetti, zero fermate e consegna JIT dei componenti.

Nella fase proattiva (step 6 e step 7), si ha l'obiettivo di realizzare un flusso accurato e controllato, cercando di sincronizzare totalmente le attività di vendita, produzione, e approvvigionamento adottando una sequenza con programmazione controllata e stabile.

1.3.8 Early Equipment/Product Management

Quando si parla di *Operations Management* si possono definire due tipi di sistemi (Ketter e Massone, 2007):

- Sistema a regime: si lavora conoscendo il processo, è possibile affinarlo e il fornitore contribuisce al miglioramento del processo, in quanto è possibile che vengano abbattuti i costi.
- Sistema transitorio: si lavora sull'ignoto, quindi risulta molto più difficile migliorare il processo e, per riuscire a farlo, occorrerà del tempo.

Il WCM cerca di portare il sistema transitorio nel *Operations Management*, attraverso specifici strumenti. Infatti, la gestione dello stabilimento comporta solitamente dei problemi: difficoltà di produzione, difficoltà di manutenzione, generazione di difetti, bisogno di competenze specialistiche ed infine requisiti di sicurezza non sempre facili da gestire. Solitamente, questi problemi generano costi iniziali e di esercizio, costi di manodopera, di manutenzione, costi delle perdite dovute a guasti e rischi per la sicurezza. Il pilastro *Early Equipment Management* ha come obiettivo quello di rendere gli impianti competitivi, migliorandoli continuamente attraverso la capacità di anticipare i problemi che gli impianti possono presentare (McCarthy, 2014). Ciò è possibile introducendo nel progetto delle nuove macchine sia in fase di avvio produttivo che in quella a regime. La conoscenza degli impianti deve andare a costituire una base da cui attingere da parte del processo di sviluppo dei nuovi impianti, per prevenire tutti i problemi, prima di avviare la produzione.
Early Equipment Management consiste, quindi, nell'acquistare un nuovo macchinario da introdurre nel processo attraverso la collaborazione tra progettisti, fornitori del macchinario e produzione al fine di:

- Installare macchinari con elevata qualità d'uso e affidabili;
- Ridurre il *Life cycle cost* del macchinario;
- Velocizzare la messa a regime del nuovo macchinario.

Early Product Management consiste, invece, nell'acquisto di nuovi prodotti. La collaborazione tra progettisti, fornitori del prodotto e produzione è utile al fine di:

- Introdurre velocemente i nuovi prodotti nel processo produttivo;
- Ingegnerizzare prodotti e processi;
- Velocizzare la messa a regime della nuova produzione

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Early Equipment Management* (Ketter e Massone, 2007):

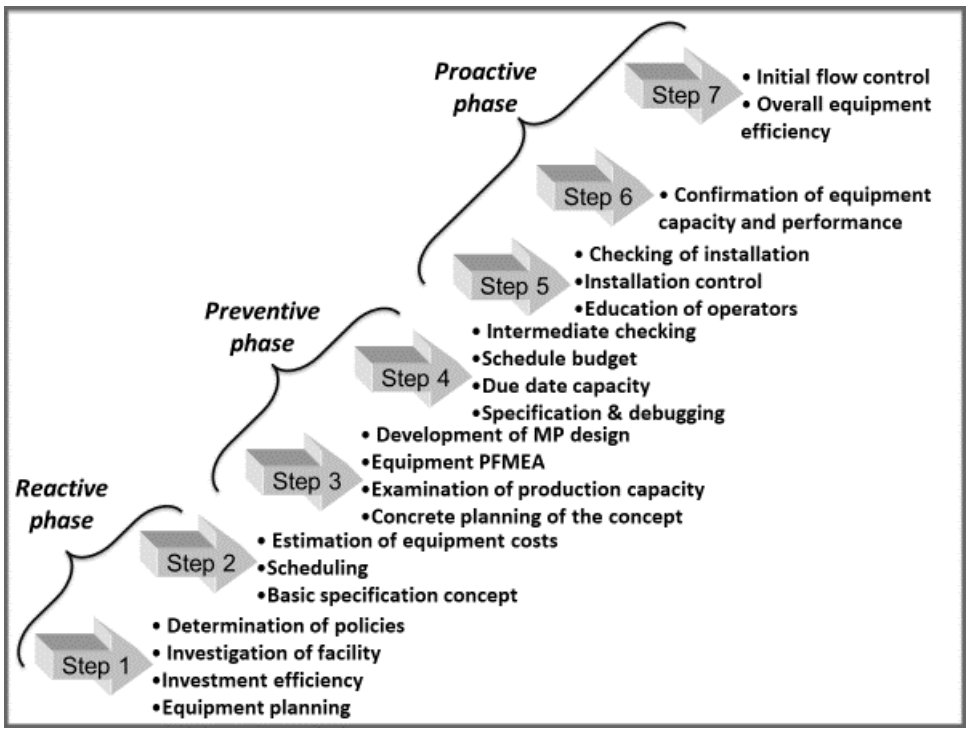


Figura 1.24 I sette step del pilastro *Early Equipment Management* [Adattata da: CNHi, 2009]

Nella fase reattiva (step 1 e step 2), si svolgono attività il cui fine è quello di definire la corretta importanza dei progetti e coinvolgere la giusta esperienza; occorre, quindi, rivedere il processo attuale, individuare i punti di forza e le priorità.

Nella fase preventiva (step 3 e step 4), si definisce un progetto, o dei progetti, pilota per migliorare il processo corrente, si definiscono gli standard *Early Equipment Management* (EEM) e si individuano eventuali lacune nel processo produttivo. In questa fase occorre eliminare le debolezze dell'attività di progettazione e valorizzare il nuovo progetto, dandogli un design robusto. Il progetto viene valutato secondo gli standard per confermare i punti di

forza e le priorità, poi si definiscono le modalità di lavoro e si coinvolgono i fornitori, spiegando nel dettaglio come soddisfare gli standard definiti.

Nella fase proattiva (step 5, step 6 e step 7), si rafforza il programma di progettazione operativa e si sviluppano le competenze interne e si tende a perfezionare i modi di lavorare e a prevenire eventuali problemi.

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Early Product Management* (Ketter e Massone, 2007):

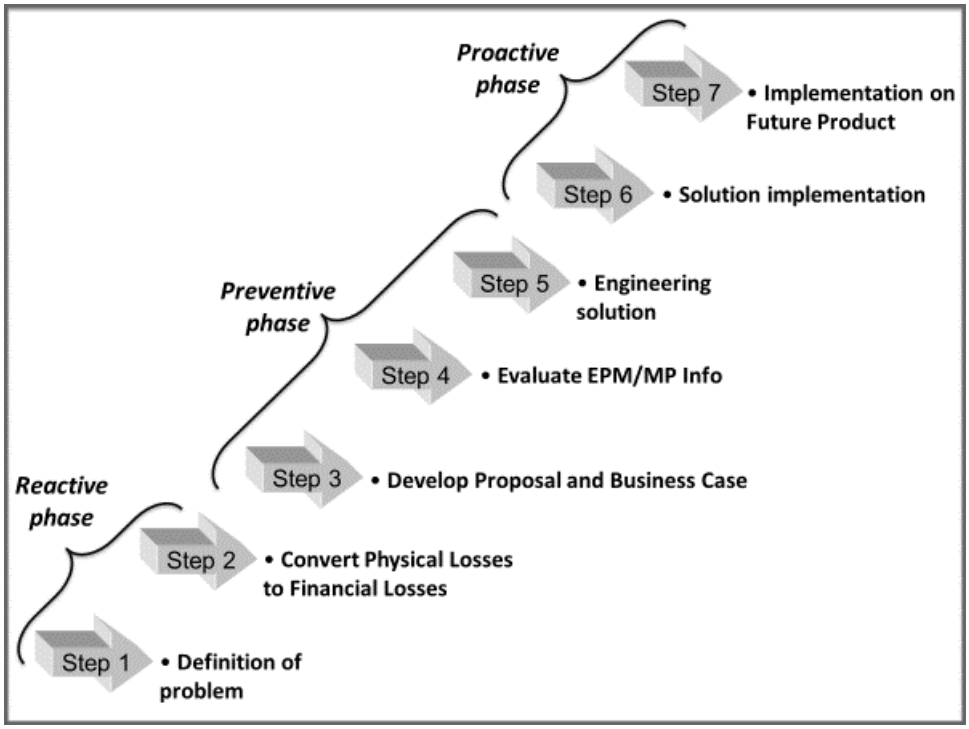


Figura 1.25 I sette step del pilastro *Early Product Management* [Adattata da: CNHi, 2009]

Nella fase reattiva del percorso di implementazione del pilastro *Early Product Management*, si inizia con la definizione del problema che verrà valutato in base all'impatto su sicurezza, qualità e costi. Per definire il problema si valutano le fonti di perdita fisiche di tutti i pilastri e si assegnano le perdite finanziarie.

A questo punto, nella fase preventiva, viene creata la proposta di soluzione e il relativo *business case*, e il team che propone la soluzione deve garantire che la proposta non crei altre perdite. Si realizza il documento *Early Product Management/Maintenance Prevention Information* (*EPM/MP Info*), il quale serve a comunicare il problema, la soluzione e i vantaggi della nuova proposta. Il documento viene analizzato anche dal team *Early*

Equipment Management, al fine di valutare accuratezza e completezza e, appena viene approvato, le informazioni vengono trasferire al dipartimento di ingegneria appropriato.

Nella fase proattiva, la soluzione viene implementata e si assiste al continuo monitoraggio della perdita che ha avviato il progetto di lancio del nuovo prodotto, con la consapevolezza che anche altri potenziali problemi potrebbero presentarsi. La soluzione viene quindi documentata come standard e ciò consente alla soluzione comprovata di essere disponibile in futuro.

1.3.9 People Development

Questo pilastro tecnico si riferisce allo sviluppo delle persone, fattore fondamentale di competitività per il raggiungimento dell'eccellenza. Le attività di questo pilastro tecnico devono garantire, attraverso un sistema di training ben strutturato, che per ogni posizione lavorativa vi siano adeguate competenze e qualifiche (Palucha, 2012). L'aumento delle competenze delle persone rappresenta il prerequisito per la messa a punto del WCM, in quanto, il conseguimento dei risultati prefissati dipende dalle persone. *People Development* crea nello stabilimento un sistema di espansione delle competenze delle persone, ed è fondato sulla valutazione dei gap di competenze e sulla definizione delle modalità formative per eliminare tali differenze, e sulla gestione dei percorsi di apprendimento. Il WCM propone lo sviluppo delle persone con attività che hanno il fine di annullare gli errori umani, generare motivazione nelle persone, responsabilizzare il personale nei confronti del miglioramento continuo, sviluppare il personale tecnico di alto livello, aumentare il livello di versatilità dei lavoratori nello svolgere le diverse mansioni. Lo sviluppo di personale tecnico di alto livello e l'adattabilità occorrono per fare in modo che, qualora l'operatore addetto ad una macchina sia assente, possa essere sostituito con un altro, oppure, se una macchina si guasta, l'operatore che lavora su quella macchina possa utilizzarne un'altra. Inoltre, è il personale tecnico di alto livello che è pronto a formare in seguito gli altri dipendenti (Palucha, 2012). Le attività principali, come l'identificazione delle conoscenze necessarie e di quelle possedute, la definizione dei livelli di addestramento, l'allestimento del *Training Center*, mirano al raggiungimento dell'obiettivo "zero errori umani", alla riduzione di incidenti e al miglioramento del clima lavorativo.

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *People Development* (Ketter e Massone, 2007):

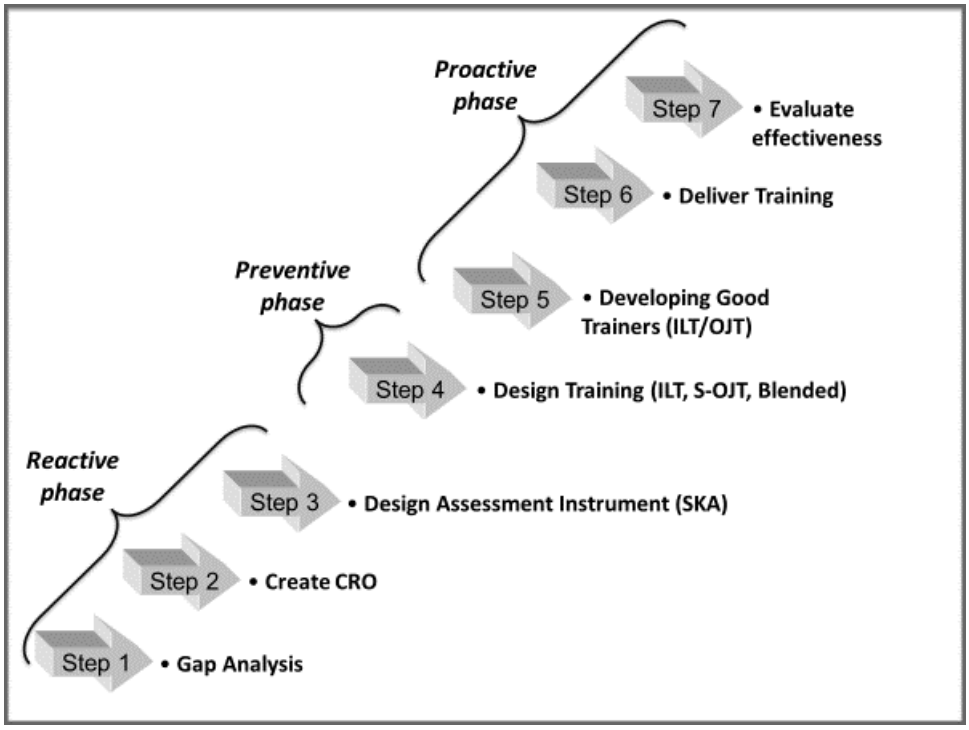


Figura 1.26 I sette step del pilastro *People Development* [Adattata da: CNHi, 2009]

La fase reattiva del pilastro tecnico *People Development* è costituita dagli step 1, 2 e 3. In questa fase si individuano le principali perdite connesse al processo di sviluppo delle persone, che sono rappresentate da errori umani, al fine di definire le giuste azioni correttive. Si valutano quindi costi e i benefici dei training da attuare.

Nella fase preventiva, rappresentata dallo step 4, si definiscono i metodi per sviluppare e valorizzare le competenze e le conoscenze possedute dalle persone e ci si concentra per eliminare i problemi che rappresentano la causa della mancanza di abilità e conoscenza. I primi quattro step devono essere ripetuti per sviluppare il livello di consapevolezza dei processi e le competenze dei lavoratori.

Nella fase proattiva, ci si concentra sulla formazione delle persone a tutti i livelli di conoscenza e a competenze sempre più complesse, al fine di preparare l'organizzazione a sfide future e di creare persone altamente qualificate, che possano sostenere l'azienda attraverso l'applicazione dei principi del WCM.

1.3.10 Environment and Energy

Questo pilastro tecnico si occupa della gestione di programmi ambientali attuati dallo stabilimento. In questo sono compresi la struttura organizzativa, la pianificazione e le risorse per sviluppare, attuare e mantenere la salvaguardia ambientale. Tutte le risorse aziendali dovranno essere utilizzare per ridurre i consumi energetici, le sostanze inquinanti e per l'applicazione delle normative ISO 14000 (Palucha, 2012). *Enviroment and Energy* rappresenta quindi uno strumento per migliorare le prestazioni ambientali, per gestire gli affari ambientali nell'organizzazione, l'impatto immediato e a lungo termine dei prodotti, servizi e processi sull'ambiente, e si dedica al miglioramento continuo dell'intero sistema.

Il percorso di implementazione: i sette Step

Di seguito è descritto il processo di miglioramento continuo del pilastro tecnico *Environment and Energy* (Ketter e Massone, 2007):

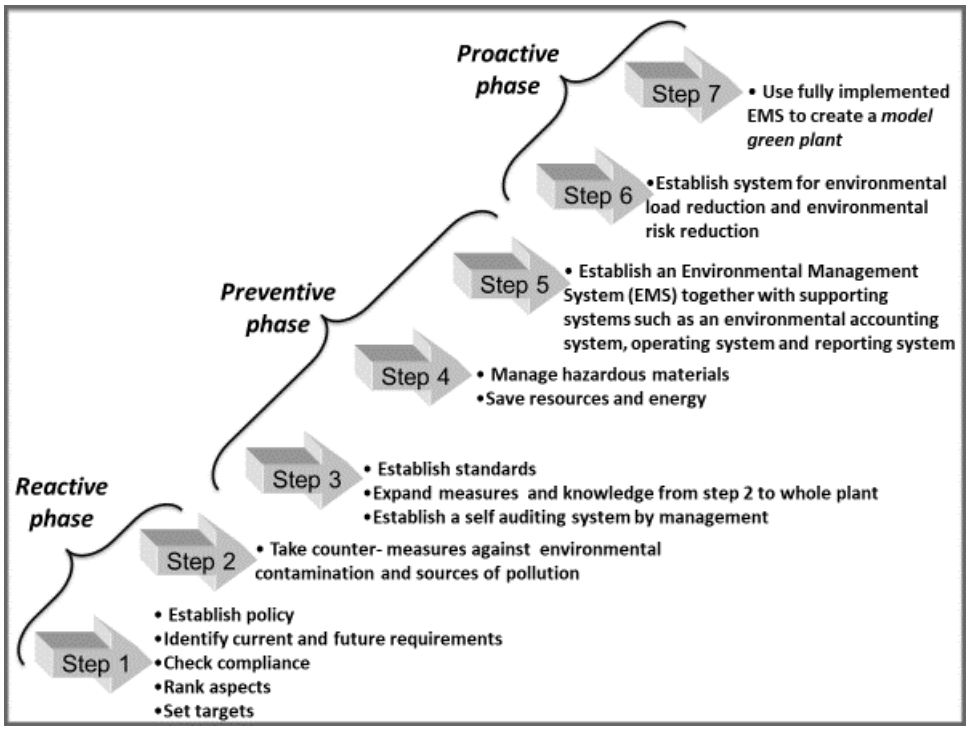


Figura 1.27 I sette step del pilastro *Enviroment and Energy* [Adattata da: CNHi, 2009]

La fase reattiva comprende gli step 1 e 2. In questa fase si definisce il processo di valutazione delle conformità ambientali secondo la norma ISO14001, al fine di monitorare sistematicamente e regolarmente l'aggiornamento e la conformità con i requisiti legali applicabili agli impianti. Si crea quindi un sistema di monitoraggio per poter sottoporre a controllo ogni singolo fattore ambientale in termini di rispetto delle leggi locali e nazionali.

Nella fase preventiva (step 3, step 4 e step 5), si inizia ad istituire gli standard e un *Self Auding System* dal Top Management che serve a testare e a monitorare i comportamenti ambientali e le condizioni di lavoro nelle officine. Dopo di che si cerca di capire, analizzando i vari impianti, quali solo i fattori che creano un impatto ambientale e, per ogni fattore, si definisce la quantità, l'unità di misura e il valore in termini economici. Si definiscono quindi le adeguate contromisure da attuare per minimizzare le perdite e gli sprechi. Si realizza infine il *Management System* (MS), che rappresenta l'integrazione di tutte le attività svolte dal pilastro.

Nella fase reattiva (step 6 e step 7), si deve essere in grado di mostrare, almeno per i progetti a breve termine, esempi di analisi tecnica, piano aziendale e piano d'azione per la sostenibilità ambientale e la riduzione dei rischi con l'obiettivo di realizzare un *model green plant*, al fine di svolgere le attività di produzione con il minimo impatto ambientale.

1.4 Pilastri Manageriali

I pilastri manageriali sono pensati come un supporto ai pilastri tecnici, come linee guida che ogni pilastro tecnico dovrebbe implementare (Dudek, 2013). Ciò significa che, per raggiungere l'eccellenza, non è necessario solo studiare e arricchire metodi e sistemi tecnici, ma risulta necessario anche supportare il lavoro delle persone introducendo un metodo capace di far sentire tutte le persone all'interno di una comunità e responsabilizzate per dare il proprio contributo al miglioramento continuo. Analizziamo ogni pilastro manageriale singolarmente.

1.4.1 Management Commitment

L'impegno del Top Management è importante per raggiungere l'eccellenza, e deve essere capace di mettere in discussione la condizione attuale per diventare promotore del cambiamento. Il Top Management è responsabile della formazione dei dipendenti al fine che questi acquisiscano le competenze e capacità necessarie a svolgere in modo efficace il proprio compito. Il *commitment* del management è l'inizio del cambiamento culturale e quindi un fattore indispensabile affinché il programma venga accettato da tutta l'organizzazione, e venga guidato e mantenuto grazie all'impegno, alla fedeltà, alla

comunicazione e al buon lavoro del personale (Njie *et al.*, 2008). Il Top Management svolge dunque un ruolo decisivo nella gestione della qualità, nello sviluppo del prodotto e nell'innovazione. Il *commitment* del management può essere rappresentato dalle seguenti attività:

- Trasformare gli obiettivi strategici in obiettivi operativi: ciò significa trasformare gli obiettivi generali in obiettivi specifici e assegnarli ai vari attori;
- Delegare le attività: ciò conferisce potere e autonomia a tutte le risorse, agevolando lo scambio di informazioni e la comunicazione all'interno dell'organizzazione;
- Dirigere le riunioni trasversali: il management oltre a ricoprire il ruolo di coordinatore per proteggere l'allineamento deve anche assicurarsi che le attività giornaliere vadano nella stessa direzione delle strategie aziendali.

1.4.2 Clarity of Objectives

Tutte le persone all'interno di un'organizzazione devono essere consapevoli degli obiettivi aziendali e che sono parte del loro raggiungimento. L'obiettivo di questo pilastro manageriale è, infatti, la definizione di obiettivi che siano (Arsovsky et al., 2011):

- Chiari: non deve esistere il rischio di fraintendimento;
- Quantificati: devono essere espressi non in modo qualitativo ma sempre in termini quantitativi;
- Diffusi a tutti: tutte le persone dell'organizzazione interessate devono conoscere l'obiettivo da raggiungere.

Ciò significa che, partendo dall'analisi delle perdite, il *Cost Deployment* indica per ciascun pilastro le aree di importanza, e per ognuna di queste aree verrà deciso un obiettivo da perseguire che sarà tradotto in termini di *Key Performance Indicators*. I KPI vengono utilizzati per verificare l'andamento del progetto che si sta portando avanti all'interno dell'azienda, per questo motivo le attività devono essere continuamente monitorate, in modo da confrontare l'andamento reale del KPI rispetto all'andamento stimato. I partecipanti al progetto devono essere tutti a conoscenza dello stato di progresso dello stesso, in modo da comunicare i benefici raggiunti oppure, nel caso in cui ci siano differenze rispetto a quanto previsto, mettere in atto le giuste azioni correttive.

Al fine di ottenere una comunicazione efficace, in stabilimento viene allestito un *corner* in cui vengono esposti target di progetto e trend dei KPI, in modo che tutti possano leggere in modo immediato ed essere sempre a conoscenza dei progressi dei vari progetti (CNHi, 2016).

1.4.3 Route Map of WCM

La *Route Map* rappresenta la "mappa del percorso" per raggiungere il programma *World Class Manufacturing* all'interno dello stabilimento. Per definire la *Route Map* di un *plant*, si parte da due fattori: aspettative del cliente, *vision* e *mission* aziendali.
Questi due fattori servono ad un'organizzazione per fissare gli obiettivi da perseguire e per comprendere quale sia il percorso da intraprendere per poterli realizzare. L'output di questo pilastro manageriale è una mappa attraverso la quale il management espone il cambiamento dei *plant* nel breve, medio e lungo termine, fornendo un quadro chiaro e riepilogativo sul futuro dell'azienda e sugli obiettivi che essa vuole ottenere. Dopo aver realizzato la *Route Map* generale dello stabilimento, si genera la *Route Map* di ogni singolo pilastro tecnico, in modo tale da avere una visione di medio e lungo termine dei propri obiettivi e sviluppare opportuni piani d'azione. La *Route Map* creata deve essere coerente sotto determinati aspetti:

- I pilastri tecnici e i pilastri manageriali devono procedere verso la stessa direzione. Se ciò è verificato, sarà impossibile che uno stabilimento raggiunga un alto punteggio nei pilastri tecnici e, nello stesso tempo, un punteggio basso in quelli manageriali, o viceversa;
- All'interno delle due categorie di pilastri ci deve essere allineamento nei comportamenti. Ciò significa che le attività dei diversi pilastri devono essere fortemente legate e che i traguardi di un pilastro si possono raggiungere solo se anche l'altro potrà raggiungere i propri.

Conoscendo il traguardo da raggiungere e i tempi entro i quali raggiungerlo, le attività da svolgere risulteranno più chiare.

1.4.4 Allocation of Highly Qualified People to Model Areas

Questo pilastro manageriale riguarda l'allocazione nei team delle aree modello di esperti che conoscano i metodi e che siano in grado di trasferire la conoscenza. Questo accade all'inizio del programma di miglioramento, per permettere agli operatori di acquisire le necessarie conoscenze e competenze. Spetta poi al leader del pilastro il controllo continuo delle performance e la valutazione dell'adeguamento alla *route map*. Entrando più nello specifico, si può affermare che le prestazioni di un pilastro sono analizzate sotto tre aspetti (CNHi, 2016):

- KPI: i risultati verranno misurati attraverso il conseguimento degli obiettivi prefissati;
- Metodi e strumenti: verrà verificato periodicamente che vengano utilizzati le tecniche e gli strumenti più appropriati e nel modo giusto;
- Crescita delle persone: il responsabile di pilastro deve guidare la crescita del team e verificare i progressi.

1.4.5 Commitment of the Organization

Oltre al *commitment* da parte de management, è necessario anche l'impegno di tutta l'organizzazione per poter raggiungere i risultati attesi. Il *commitment* dell'organizzazione può essere suddiviso in diverse dimensioni (Meyer e Allen, 1998):

- *Affective commitment*: si riferisce all'attaccamento emotivo del dipendente, al coinvolgimento e all'identificazione nell'azienda.
- *Continuance commitment*: si riferisce alla consapevolezza dei costi associati all'abbandono dell'azienda; se il rapporto con l'organizzazione si basa su un impegno di continuità allora il dipendente non lascerà l'azienda.
- *Normative commitment*: si riferisce all'obbligo percepito dal dipendente di rimanere nell'azienda; questo *commitment* è legato alla connessione con gli obiettivi e i valori dell'organizzazione, e con il ruolo che il dipendente ha nell'organizzazione (Mendes *et al.*, 2014).

Un'azienda che aspira a diventare *World Class* deve essere formata da persone che siano in grado di individuare i problemi e di affrontarli in modo adeguato. Il cammino previsto per questo pilastro manageriale consiste nelle seguenti fasi (FCA, 2007):

1. Le persone affrontano le problematiche che si presentano con la propria testa e un atteggiamento positivo;
2. Si sviluppano veri progetti, di cui le persone conoscono le problematiche e il metodo, e si fanno aiutare dall'organizzazione per la risoluzione;
3. La maggioranza delle persone entra sempre più nello specifico dell'analisi delle problematiche e partecipa a numerosi progetti;
4. I leader di pilastro, dopo aver raggiunto l'obiettivo, continuano a cercare altri metodi per migliorare e ottenere l'obiettivo *zero optimum*;
5. Nella maggior parte dei casi le persone sono operative nelle attività del WCM e utilizzano metodi e strumenti nel modo giusto;
6. Il processo di delega, dal management ai team di pilastro, si sta sviluppando velocemente in modo da avere risposte sempre più veloci.

1.4.6 Competence of Organization toward Improvement

Il raggiungimento del vantaggio competitivo dipende dalle competenze aziendali e, nell'ottica WCM, alla base del vantaggio competitivo vi è la capacità di eliminare o ridurre le perdite e gli sprechi. Per far ciò i lavoratori si avvalgono di diversi metodi e strumenti, in base al tipo e al livello di complessità del problema. Lo scopo di questo pilastro manageriale è realizzare un sistema reattivo formato da persone competenti che siano in grado di utilizzare i giusti metodi e strumenti per risolvere i diversi problemi (Đokić *et al*., 2012). Queste persone poi condivideranno la loro esperienza e la loro conoscenza all'interno dell'organizzazione, attraverso metodi analitici che possano aiutare a comprendere in modo corretto l'utilizzo dei vari metodi e strumenti. L'azienda realizza quindi una banca dati interna che raccoglie tutte le informazioni riguardo tempi, modi, responsabilità e costi che verranno utilizzati da chi avrà bisogno.

1.4.7 Time and Budget

Questo pilastro manageriale si occupa di spiegare quanto sia importante essere a conoscenza di tempi e costi, utilizzando specifici programmi e pianificazioni. Quando si definiscono dei progetti è estremamente importante specificare tempistiche e budget, per capire quante e che tipi di risorse occorre destinare al progetto. Il budget per le attività di progetto va in parallelo con quello annuale aziendale, in modo tale da avere una stima completa di tutti i costi dell'azienda. Punto centrale delle attività di questo pilastro manageriale è assicurare che i *lead time* e i tempi di risposta siano ottimizzati, qualora non lo siano è necessario analizzare la causa dei ritardi ed attuare azioni correttive.

1.4.8 Level of Detail

Per una corretta implementazione della metodologia WCM, è necessario che ogni elemento della pianificazione delle varie attività, dal più complesso al più banale, abbia un alto livello di dettaglio. Solo attraverso un livello preciso e dettagliato è possibile individuare le *root causes* che si trovano alla base delle perdite e degli sprechi ed ottenere una prospettiva a lungo termine per l'ottimizzazione dei processi aziendali. È in potere del management controllare le *root causes* (Paradise e Busch, 1988), e questo pilastro manageriale ha l'obiettivo di realizzare analisi e stratificazioni dettagliate delle perdite del processo, andando a ricercare le ragioni all'origine della perdita (Di Denia, 2005). Per ottenere il giusto livello di chiarezza e dettaglio, elementi importanti nella metodologia WCM, ogni attività deve riportare il nome della persona responsabile, deve essere misurabile e le risorse devono essere opportunatamente allocate. Un alto livello di dettaglio permette di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei processi aziendali a lungo termine.

1.4.9 Level of Expansion

Il Management di un'organizzazione deve sostenere una politica di diffusione dettagliata del WCM che deve riguardare l'intero stabilimento in quanto, per ottenere il massimo beneficio e risultati eccellenti, occorre che ciò che è stato acquisito in una determinata area venga esteso anche ad altre aree. Ogni pilastro, dunque, seguendo le priorità dei processi del *Cost Deployment*, inizia le sue operazioni sulla *model area* muovendosi poi sugli altri processi produttivi fino a comprendere l'intero stabilimento. I risultati derivanti dalle attività di innovazione dovranno essere estesi anche all'esterno, cioè oltre che allo stabilimento e all'azienda anche ai fornitori.

1.4.10 Motivation of Operators

Affinché il WCM si sviluppi nel migliore dei modi, è necessario il totale coinvolgimento degli operatori, poiché sono loro che conoscono maggiormente i processi e che, dunque, possono far conoscere i principali modi per risolvere i problemi e le operazioni di miglioramento. Le attività che coinvolgono gli operatori sono basate su lavori in team, in modo che tutti mirino al raggiungimento degli obiettivi comuni. Per verificare lo stato di coinvolgimento si utilizzano tre fattori: il numero di suggerimenti, il numero di *Quick Kaizen* realizzati dagli operatori e il tasso di assenteismo.

Al fine di raggiungere un elevato grado di coinvolgimento è necessario che il management mostri quanto gli operatori siano importanti all'interno dell'organizzazione per raggiungere l'eccellenza. Successivamente, per far aumentare la motivazione farli partecipare attivamente nel processo di sviluppo, occorre informarli degli obiettivi raggiunti e creare un sistema di riconoscimento degli stessi. Come spiegato nel pilastro *Clarity of Objectives*, infatti, è importante che gli operatori vengano messi a conoscenza dello stato di avanzamento dei progetti, e ciò può causare un duplice effetto:

- Se il progetto è in linea con le attese, renderlo noto agli operatori è una dimostrazione di come si stia lavorando bene e come il loro operato stia portando a dei benefici. Ciò crea un effetto incentivante, soprattutto per le attività future;
- Se l'andamento del progetto non rispecchia ciò che ci si era prefissato, coinvolgere gli operatori risulta ancora più importante in quanto, prima di attuare azioni correttive, occorre comprendere da cosa derivino questi disallineamenti e gli

operatori sono coloro che conoscono più specificatamente i processi produttivi e i problemi a questi connessi.

Per stimolare la motivazione negli operatori, l'organizzazione ricorre alla continua formazione, a programmi motivazionali e soprattutto di riconoscimento (Teixeira *et al.*, 2012), per far in modo che sappiano utilizzare i vari metodi e strumenti nel modo più adeguato e che svolgano il loro lavoro nel miglior modo possibile.

1.5 Strumenti del World Class Manufacturing

Il WCM richiede che tutte le decisioni vengano prese sulla base di dati oggettivi misurabili. Pertanto, tutti i tradizionali strumenti di analisi dei dati vengono utilizzati. Qui di seguito viene riportato l'elenco dei principali strumenti che vengono utilizzati nel processo di miglioramento continuo dei vari pilastri tecnici (De Felice *et al.*, 2013):

- *5G*: *Gemba* (vai al punto), *Gembutsu* (verifica il fenomeno, l'oggetto), *Genjitsu* (verifica i fatti e i dati), *Genri* (riferisci alla teoria), *Gensoku* (segui gli standard operativi). È un metodo che deve essere applicato in officina, andando direttamente a vedere il fenomeno problematico dove questo accade e con lo scopo di ripristinare le condizioni standard.
- *4M* o *5M*: aiuta a classificare le cause di un determinato fenomeno secondo la loro appartenenza a quattro categorie (*Man*, *Material*, *Machine* e *Method*), e ad identificare la causa più probabile di quel fenomeno. Per 5M ci sono le stesse 4M più la quinta che è *environment*.
- *5S*: rappresenta un metodo sistematico e ripetibile per ottimizzare gli standard di lavoro e ottenere il miglioramento delle performance operative. L'obiettivo è eliminare tutto ciò che non è funzionale all'attività svolta La tecnica si basa su *Seiri* (separa e ordina), *Seiton* (sistema e organizza), *Seiso* (pulisci), *Seiketsu* (standardizza), *Shitsuke* (mantieni e migliora).
- *5W&1H*: *What* (su quale oggetto si è individuato il problema?), *When* (quando si è verificato il problema?), *Where* (dove si è visto il problema?), *Who* (il problema è correlato al fattore uomo?), *Which* (quale andamento ha il problema?), *How* (come

si presentano le condizioni rispetto alla situazione ideale?). è uno strumento che aiuta alla raccolta di tutti i dati necessari alla soluzione di un problema.

- 5*Whys*: è un metodo che si propone di individuare la vera causa del fenomeno chiedendosi 5 volte perché in maniera iterativa sulla base di ogni perché individuato alla fase precedente.
- *AM Tag*: è un documento che, opportunatamente completato, viene applicato sulla macchina, in modo da fare rapporto su ogni anomalia rilevata.
- *WO Tag*: è un documento che, opportunatamente completato, viene usato per fare rapporto su ogni anomalia rilevata per *Workplace Organization*.
- *PM Tag*: è un documento che, opportunatamente completato, viene usato per fare rapporto su ogni anomalia rilevata per *Professional Maintenance*
- *Heinrich Pyramid*: viene utilizzata per classificare gli eventi che hanno un impatto sulla salute e sicurezza dei lavoratori.
- *SAF Tag*: è un documento che, opportunatamente completato, viene usato per fare rapporto su ogni anomalia rilevata per *Safety.*
- *Equipment ABC Prioritization*: è usato per classificare gli stabilimenti secondo le loro priorità di intervento in caso di fallimento.
- *Cleaning cycles*: sono usati per le attività di *Autonomous Maintenance*, *Workplace Organization* e *Professional Maintenance*.
- *Inspection cycles*: sono usati per le attività di *Autonomous Maintenance*, *Workplace Organization* e *Professional Maintenance*.
- *Maintenance cycles*: sono usati per le attività di *Autonomous Maintenance* e *Professional Maintenance*.
- *Control cycles*: sono usati per le attività di *Autonomous Maintenance*, *Workplace Organization* e *Professional Maintenance*.
- *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*: è utilizzato per prevenire le potenziali modalità di errore.
- *Kanban*: è un segnale (solitamente vengono usati cartellini fisici) usato per la programmazione e la pianificazione della produzione.
- *Kaizen*: è un processo il cui obiettivo va oltre al semplice miglioramento della produttività; insegna alle persone come eseguire esperimenti sul lavoro usando un approccio scientifico e insegna ad eliminare gli sprechi nei processi aziendali.

- *Two Videocamera Method*: è uno strumento utilizzato per fare registrazioni video delle varie transazioni in modo da poterle analizzare e ottimizzare.
- *MURI Analysis*: la parola MURI indica il sovraccarico delle persone o delle risorse. Viene dunque fatta l'analisi ergonomica delle postazioni di lavoro al fine di evitare il verificarsi di malattie professionali dovute a posture scorrette assunte dai lavoratori.
- *MUDA Analysis*: la parola MUDA vuol dire spreco fisico, visibile. Viene analizzato ed eliminato tutto ciò che non crea valore aggiunto nel processo.
- *MURA Analysis*: la parola MURA indica le irregolarità del carico del lavoro. Viene fatta l'analisi degli sprechi e si eliminano le cause delle fluttuazioni.
- *Spaghetti chart*: è un grafico utilizzato per rappresentare l'attuale cammino fisico e le distanze che vengono percorse da un operatore nella stazione di processo.
- *Golden zone & strike zone Analysis*: viene eseguita l'analisi delle operazioni che vengono eseguite in una postazione di lavoro al fine di minimizzare il movimento svolto dall'operatore e di consentirgli di svolgere la sua mansione in condizioni ergonomiche e non faticose.
- *One Point Lesson (OPL)*: è una tecnica che permette, in breve tempo, di focalizzarsi sull'oggetto di training.
- *Standard Operation Procedure (SOP)*: aiuta a creare procedure di lavoro standardizzate.
- *Job Elementary Sheet (JES)*: redazione di un documento sull'educazione elementare.
- *Visual Aid*: è un set di segnali che facilita il lavoro e la comunicazione all'interno dell'azienda
- *Poka Yoke*: è una tecnica di prevenzione che aiuta ad evitare possibili errori umani durante lo svolgimento delle varie attività produttive.
- *The way to teach people (TWTTP)*: è un'intervista di quattro domande che viene fatta ad ogni operatore per verificare il livello di conoscenza sull'operazione che deve essere svolta.
- *Human Error Root Cause Analysis (HERCA)*: è una tecnica che permette di trovare la causa radice dei problemi relativi al fattore umano.
- *Reconditional Judgment Action Analysis (RJA)*: analisi delle fasi di giudizio, riconoscimento e azioni sul posto di lavoro.

- *Five Questions for Zero Defects (5Q 0D)*: analisi del processo produttivo o di un macchinario attraverso cinque domande al fine di ottenere zero difetti. Ad esempio, le cinque domande da porre mentre si analizza un macchinario, al fine di ottenere zero difetti potrebbero essere: *Le impostazioni sono ben definite?*, *Il macchinario è facile da regolare quando si cambia tipologia d prodotto?*, *Le impostazioni del macchinario vanno al di fuori dei limiti di specifica?*, *Il macchinario ha rilevante varianza?*, *È facile riportare/mantenere le impostazioni dell'impianto all'interno dei limiti di specifica?*.
- *Design of Experiments (DOE)*: è un approccio statistico che consente ai progettisti di determinare simultaneamente gli effetti individuali e interattivi dei vari fattori che potrebbero influenzare i risultati di qualunque progetto.
- *Analysis of Variance (ANOVA)*: è un insieme di tecniche statistiche che permettono di osservare e confrontare la variabilità interna di due o più gruppi di dati con la variabilità tra i gruppi.
- *Processing Point Analysis (PPA)*: è un metodo avanzato che permette di attaccare le perdite che hanno cause multiple e interconnesse, dove non è conosciuta la relazione causa effetto tra aspetti di controllo del processo ed effetti sul prodotto.
- *Quality Assurance Matrix (QA Matrix)*: è un set di matrici che mostra la correlazione tra le anomalie del prodotto e le fasi del sistema produttivo.
- *Quality Maintenance Matrix (QM Matrix)*: è uno strumento utilizzato per definire e mantenere le condizioni operative della macchina che assicurano il livello di performance adatto a realizzare la qualità desiderata.
- *Quality Assurance Network (QA Network)*: è usato per assicurare la qualità del processo attraverso l'eliminazione delle rilavorazioni.
- *Quality Operation Analysis (QuOA)*: è un'analisi preventiva delle fasi di lavoro al fine di assicurare il giusto livello di qualità.
- *Single Minute Exchange of Die (SMED)*: consiste in una serie di tecniche che permettano di ridurre i tempi di set-up delle macchine ad una durata inferiore a 10 minuti.
- *Rhytmic operation analysis*: analisi della dispersione durante un ciclo di lavoro.
- *Motion Economic Method*: analisi utilizzata per valutare l'efficienza di vari movimenti ed ottimizzarli.

- *Value Stream Mapping (VSM)*: è uno strumento che permette di evidenziare gli sprechi all'interno di un processo produttivo attraverso la rappresentazione grafica dei flussi attuali di materiali e di informazioni che, in relazione ad ogni specifico prodotto, creano il flusso di valore da valle a monte (vedi Par. 1.5.1).
- *Material Matrix*: permette la classificazione dei materiali in tre famiglie di prodotto A – B – C e in sottogruppi.
- *X Matrix*: è uno strumento per il miglioramento della qualità, che permette di confrontare due coppie di liste di elementi al fine di evidenziare la correlazione tra un elenco e le due liste adiacenti. La X Matrix viene utilizzata per correlare difetti, fenomeni, equipaggiamento e componenti. L'interazione tra le sezioni porta ad un miglioramento del processo decisionale.

Oltre agli strumenti sopra elencati, CNH Industrial utilizza i seguenti (Ketter e Massone, 2007):

- *5T*: *Tei-ji* (da dove si passa?), *Tei-ichi* (dove si posa?), *Tei-hyouji* (cos'è? dov'è? Come si fa?), *Tei-ryou* (che quantità?), *Tei-shoku* (come distinguere?). È utilizzato per standardizzare la locazione dei materiali e permettere la gestione a vista ove è possibile.
- *Emergency Work Order (EWO)*: strumento di analisi del guasto contestuale all'intervento di risoluzione, finalizzato all'individuazione della causa radice, delle misure per la sua eliminazione e delle azioni per il mantenimento delle condizioni.
- *Quick Kaizen*: utilizza il ciclo PDCA e va applicato nel caso di semplici miglioramenti. Si usa individualmente o in team di due persone.
- *Major Kaizen*: serve per risolvere problemi più complessi. Necessita di un team di tre o cinque persone opportunatamente formate su questa metodologia. Anche qui si usa il ciclo PDCA, ma con più profondità.
- *Advanced Kaizen*: si utilizza per problemi molto complessi e fornisce soluzioni migliorative profonde che possono riguardare, ad esempio, la tecnologia di processo.
- *Diagramma di Pareto*: l'analisi di Pareto consente di analizzare un insieme di dati per determinare i fattori principali che influiscono in modo significativo sul risultato del fenomeno che si sta osservando. Grazie alla stratificazione ottenuta con il diagramma di Pareto, si individuano le aree su cui intervenire attraverso l'esplosione reiterata della perdita principale. Empiricamente vale la legge "80:20" secondo la

quale l'80% degli effetti è solitamente imputabile al 20% delle cause (tale proporzione può comunque variare).

- *8 stages of Incoming Materials*: consiste in 8 fasi svolte per il controllo della qualità delle forniture. Viene utilizzato al fine di ridurre al minino i costi e garantire la qualità dei materiali in entrata.

1.5.1 Value Stream Mapping (VSM)

Il *Value Stream*, o flusso del valore, rappresenta l'insieme di tutte le attività a valore aggiunto che realizzano un prodotto, a partire dalla materia prima fino alla consegna del prodotto finito al cliente (Pucillo, 2005).

VSM è la rappresentazione grafica del flusso del valore, ed è uno strumento ben conosciuto in ambito *lean production* e molto utilizzato nella gestione dei processi produttivi, in quanto mira ad ottenere una produzione efficiente eliminando le attività dispendiose determinate dai sette sprechi definiti da Ohno, elencati di seguito (Monde, 1993):

1. *Overproduction*
2. *Waiting*
3. *Transportation*
4. *Inappropriate processing*
5. *Unnecessary inventory*
6. *Unnecessary motions*
7. *Defects*

Gli obiettivi della realizzazione della mappa del flusso di valore sono i seguenti:

- non focalizzarsi sul singolo processo, ma sul flusso
- trovare le cause dello spreco all'interno del flusso
- dare a tutto l'organico gli strumenti per leggere il flusso
- visualizzare gli aspetti che hanno reso più efficiente il flusso
- implementare un sistema *Lean Manufacturing*

In Figura 1.28 sono rappresentati i simboli che si utilizzano per la VSM.

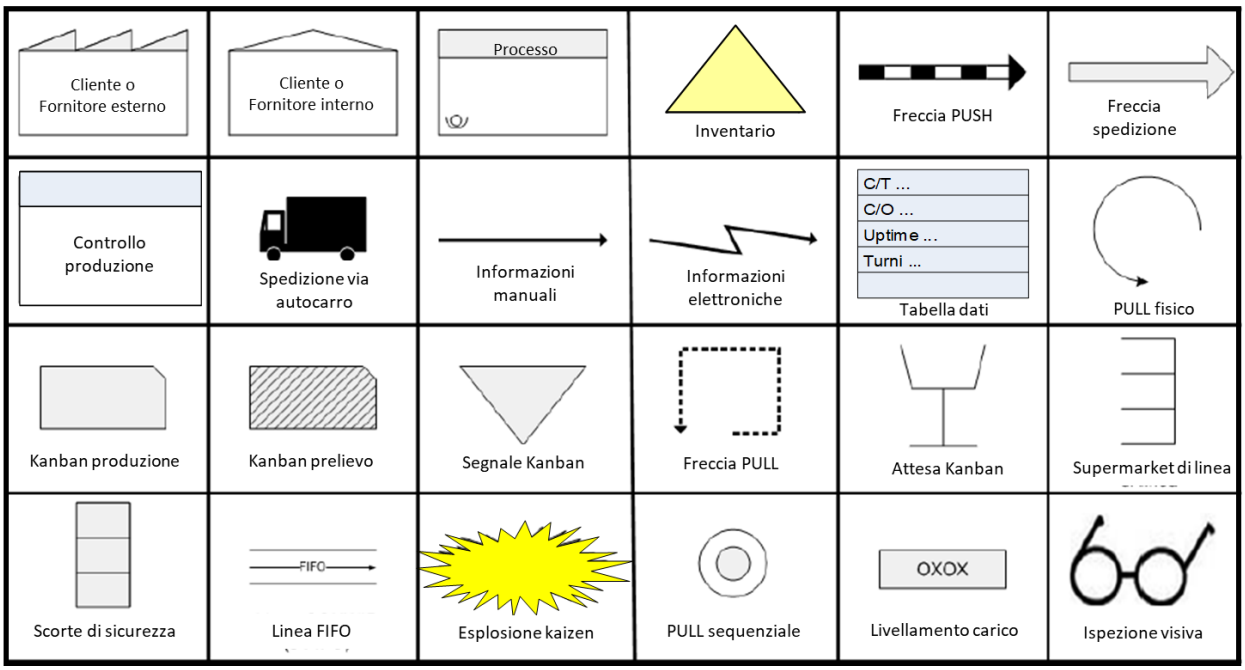


Figura 1.28 Icone utilizzate nel VSM [Adattata da: Lian e Van Landeghem, 2007]

Il VSM si basa sulla filosofia del miglioramento continuo che tende ad una riduzione del *Lead time* (intervallo di tempo che intercorre tra l'ordine da parte del cliente e il momento in cui la richiesta del cliente viene soddisfatta da parte dell'azienda), fino al punto in cui l'attivazione del processo produttivo si verifichi nel momento in cui arriva la richiesta da parte del cliente.

Il progetto VSM realizzato consente di studiare il processo produttivo e di individuare le aree dove applicare miglioramenti, fino ad eliminare tutto ciò che non dà valore aggiunto al prodotto finito.

Gli indicatori che vengono utilizzati nella stesura della *Value Stream Map* sono i seguenti (Vinodh et al., 2012):

- *Takt time*. Indica il ritmo della produzione. Rappresenta cioè la velocità produttiva con cui i prodotti devono essere realizzati per poter soddisfare la domanda del cliente. Viene calcolato usando l'equazione (1) (Abdulmalek e Rajgopal, 2007):

$$Takt\ time = Available\ production\ time \div daily\ demand \qquad (1.1)$$

  dove *daily demand* indica la domanda giornaliera.

- *Available production time.* Indica il tempo disponibile per la produzione ed è dato dalla differenza tra il tempo totale di produzione (*Total production time*) e il "tempo di fermo pianificato" (detto anche *planned down time*, indica il periodo di tempo in cui le operazioni su un impianto o una macchina vengono arrestate, a causa di

aggiornamenti, modifiche o riparazioni da eseguire). È calcolato usando l'equazione (1.2) (Vinodh *et al.*, 2010):

$$Available\ production\ time = Total\ production\ time - planned\ down\ time \tag{1.2}$$

- *Uptime*. È l'intervallo di tempo in cui l'impianto è stato ininterrottamente acceso e correttamente funzionante. È dato dal rapporto tra il tempo effettivo di lavorazione e il tempo disponibile per la produzione. È calcolato usando la seguente equazione (1.3) (Vinodh *et al.*, 2010):

$$Uptime = Operating\ time \div Available\ production\ time \tag{1.3}$$

dove:

$$Operating\ time = Available\ production\ time - Changeover\ time \tag{1.4}$$

Changeover time indica il tempo di setup di una macchina per passare dalla lavorazione di una tipologia di prodotto ad un'altra.

Un indicatore importante che viene monitorato durante la stesura della VSM è l'*Overall Equipment Effectiveness* (OEE). La misurazione dell'OEE consente di analizzare l'efficienza di una singola macchina nel sistema di produzione (Nakajima, 1988). Questo indicatore è formulato in funzione di tre fattori, cioè la disponibilità della macchina *Availability* (A), la sua *Performance* (P), e la qualità *Quality* (Q), ed è calcolato come segue (Eti *et al.*, 2004):

$$OEE = A \times P \times Q \tag{1.5}$$

dove:

l'indicatore *Availability*, definito dalla seguente equazione (1.6), coincide con l'*Uptime* determinato precedentemente (Nakajima, 1988):

$$A = Operating\ time \div Available\ production\ time \tag{1.6}$$

l'indicatore *Performance* è definito dalla seguente equazione (1.7) (Blanchard, 1997):

$$P = Net\ Operating\ time \div Operating\ time \tag{1.7}$$

$$Net\ Operating\ Time = cycle\ time/unit \times processed\ amount \tag{1.8}$$

dove, *cycle time/unit* indica il tempo necessario alla lavorazione di un pezzo, e *processed amount* denota il numero di pezzi lavorato nell'unità di tempo.

l'indicatore *Quality* è definito dalla seguente equazione (1.9) (TPM Coordinators, 2002):

$$Q = (Processed\ amount - defect\ amount) \div Processed\ amount \qquad (1.9)$$

dove *defect amount* rappresenta il numero di pezzi difettosi.

L'OEE può essere utilizzato come indice di valutazione delle prestazioni delle singole apparecchiature in un sistema di produzione. Come indice di valutazione delle prestazioni di un sistema di produzione, invece, viene utilizzato l'*Overall Line Effectiveness* (OLE), definito come segue (Anantharaman e Nachiappan, 2005):

$$OLE = LA \times LP \times LQ \qquad (1.10)$$

dove:

LA rappresenta la disponibilità della linea di produzione (*Line Availability*), ed è data dal prodotto degli indici di disponibilità A_i delle *n* fasi di lavorazione della linea, con $i=1, 2,...n$;

LP rappresenta la performance della linea di produzione (*Line Performance*), ed è data dal prodotto degli indici di performance P_i delle *n* fasi di lavorazione presenti nella linea, con $i=1, 2,...n$;

LQ rappresenta il livello di qualità della linea di produzione (*Line Quality*), ed è dato dal prodotto degli indici di qualità Q_i delle *n* fasi di lavorazione presenti nella linea, con $i=1, 2,...n$.

La formula (1.10) può essere riscritta come segue:

$$OLE = \prod_{i=1}^{n} OEEi$$

I valori di riferimento dell'indice OEE vengono chiamati *World Class*. Nakajima (1988) suggerisce come valori ideali dell'OEE e dei suoi fattori, i seguenti:

OEE factors	***Valore ideale***
Availability	90%
Performance	95%
Quality	99%
OEE	**85%**

Le caratteristiche del VSM sono:

1. Sviluppo della *Current State Map* ("AS-IS" *Map*), che descrive il flusso di valore corrente creato dal prodotto.
2. Creazione della *Future State Map* ("TO-BE" *Map*), che indica il flusso di valore desiderabile creato dal prodotto.

Current State Map ("AS-IS" Map)

La mappa dello stato attuale è il riferimento del processo esistente con cui paragonare i miglioramenti apportati. La "AS-IS" *Map* è costituita dalla *timeline* tracciata sotto ogni *processing box*, uno per ogni operazione del flusso del valore, e sotto i triangoli delle scorte, per definire il *Production Lead time*, cioè il tempo impiegato dal pezzo per attraversare la fabbrica. Il tempo rappresentato nella *timeline* si divide in tempo a valore aggiunto (VA) e tempo a non valore aggiunto (NVA): il primo, rappresentato sotto i *processing box*, rappresenta la frazione di tempo in cui si eseguono effettivamente le trasformazioni del prodotto per le quali il cliente è disposto a pagare; il secondo, rappresentato sotto i triangoli delle scorte, raffigura il tempo di giacenza del pezzo tra un'operazione e la successiva, durante il quale non si crea valore per il cliente.

La *Current State Map* permette di visualizzare i collegamenti che esistono tra le aree clienti, fornitori, processi produttivi, programmazione e supervisione della produzione; rappresenta, quindi, un'istantanea del flusso di valore che si sta effettivamente realizzando in uno stabilimento in un dato momento (Vinodh *et al.*, 2012). Per realizzare il VSM si procede con la mappatura grafica di tutti i processi e le attività che concorrono alla realizzazione di un prodotto. In particolare, partendo dalla rappresentazione grafica delle informazioni e attività relative al fornitore, si passa poi alla raffigurazione di tutte le operazioni di trasformazione che si realizzano all'interno della fabbrica, fino alla rappresentazione della consegna del prodotto finito al cliente.

Nella Figura 1.29 è riportato un esempio di *Current State Map*:

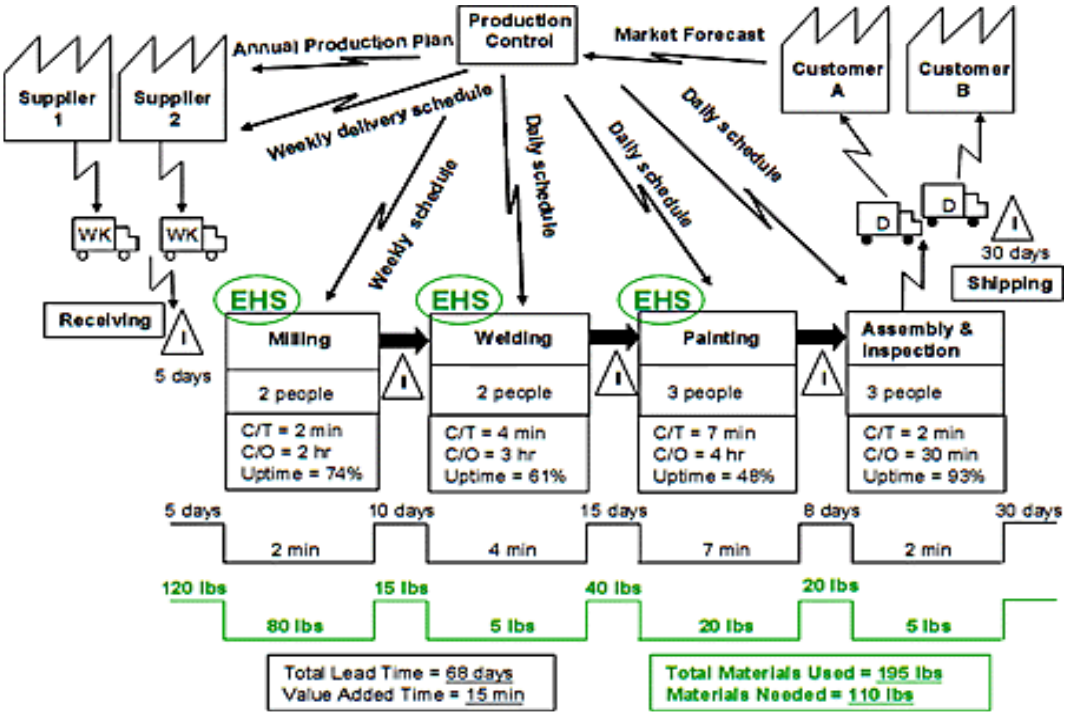


Figura 1.29 Esempio di *Current State Map*. Fonte: [15]

Future State Map ("TO-BE" Map)

La mappa dello stato futuro rappresenta la visione di come chi si è occupato di redigere la *Current State Map* vede il *Value Stream* futuro, dopo che vengano fatti i miglioramenti allo stato corrente (Vinodh *et al.*, 2012). Mentre si realizza la "TO-BE" *Map* bisogna individuare ogni imperfezione nel flusso del valore al fine di progettare un flusso di valore più efficiente di quello attuale e privo di sprechi. Per far ciò si analizzano parametri come *Takt time*, quantità di scorte, tempi di setup, affidabilità delle macchine. Quindi il risultato è una mappa con proposte di miglioramento alla *Current State Map*, che non penalizzi la produzione e il fatturato aziendale. Un esempio di *Future State Map* è riportato in Figura 1.30, dove le icone in giallo rappresentanti l'obiettivo *Kaizen* stanno ad indicare le proposte di miglioramento che occorre apportare.

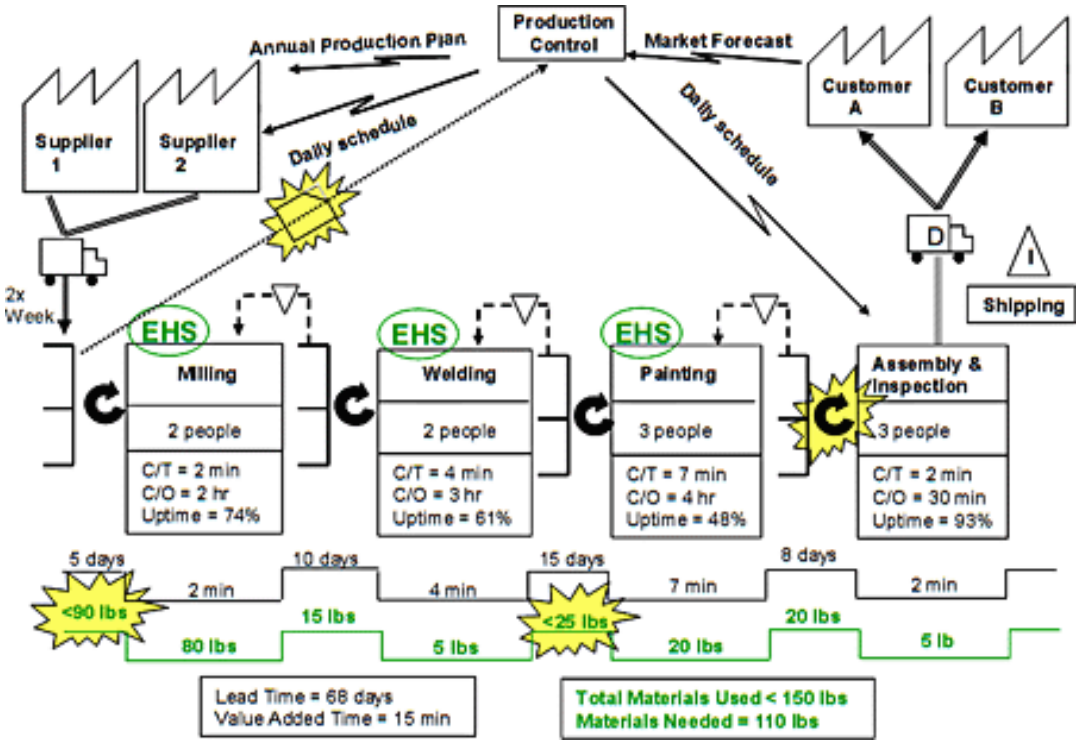


Figura 1.30 Esempio di *Future State Map*. Fonte: [15]

La "TO-BE" *Map* ha lo scopo di evidenziare una serie di interventi migliorativi da attuare pian piano col fine di ottenere un flusso *lean*. Il modo migliore di cominciare è pianificare la realizzazione della *Future State Map* passo dopo passo e sviluppare in sequenza gli obiettivi *Kaizen* definiti. È infatti impensabile attuare in un solo step l'intera visione della "TO-BE" *Map.* Sarà utile la realizzazione di un piano annuale che sia a supporto della gestione dell'intero progetto di miglioramento, in cui includere la pianificazione dei *Kaizen*, gli obiettivi misurabili e i risultati attesi, i momenti di controllo e la pianificazione delle revisioni.

Il *Value Stream Mapping* offre numerosi vantaggi (Braglia et al., 2009):

- mostra il collegamento tra flusso di materiali e flusso di informazioni;
- include informazioni relative al tempo di produzione e ai livelli di scorta:
- aiuta a visualizzare il processo di produzione a livello di *plant*, e non solo a livello del singolo processo;
- unisce le attività di *product planning* e di *demand forecast* sia allo *scheduling* della produzione che al controllo dello *shop floor*, utilizzando parametri operativi come il *Takt Time* che determina la velocità di produzione che ogni fase di lavorazione dell'intero sistema di produzione dovrebbe avere per rispettare la domanda;

- offre ai dirigenti e ai dipendenti lo stesso strumento e un linguaggio comune per comunicare;
- costituisce la base di un piano di attuazione ben strutturato.

Allo stesso tempo, però, presenta anche degli svantaggi (Braglia et al., 2009):

- è una tecnica basata su rappresentazioni grafiche, la maggior parte delle volte realizzate su carta e matita, quindi il livello di precisione è limitato e il numero di versioni possibili da gestire è relativamente basso;
- assenza della struttura spaziale del layout dello *shop floor* e del modo in cui questa può influire sui ritardi causati dalla movimentazione dei materiali;
- incapacità di mostrare l'impatto che i flussi inefficienti di materiali o informazioni generano sul WIP, sulla produzione o sui costi, poiché il VSM non mostra la correlazione tra cause e conseguenze;
- impossibilità di standardizzare processi molto complessi, il cui *Value Stream* è composto da centinaia di parti e prodotti industriali. Se il VSM, infatti, venisse applicato a processo produttivi di prodotti costituiti da alto numero di varianti, esso risulterebbe ingombrante e di difficile applicazione;
- manca di misure legate al valore economico;
- non è in grado di fornire una visione reale dei problemi di variabilità relativi al processo di produzione analizzato;

quest'ultimo svantaggio rappresenta, probabilmente, il limite principale del VSM.

1.6 Logistics & Customer Service: approfondimento

In questo paragrafo verranno descritti i sette step del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Logistics & Customer Service*, esponendo le principali attività che vengono svolte nelle diverse fasi e la connessione con gli altri pilastri tecnici. Lo step 4 del percorso di implementazione verrà approfondito nel capitolo 3. Infine, verrà descritto il *Cost Deployment* Logistico.

1.6.1 Il percorso di implementazione

L'approccio dei sette step del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* può essere personalizzato in base alla specifica area di produzione (assemblaggio, verniciatura, lavorazione meccanica, saldatura…).

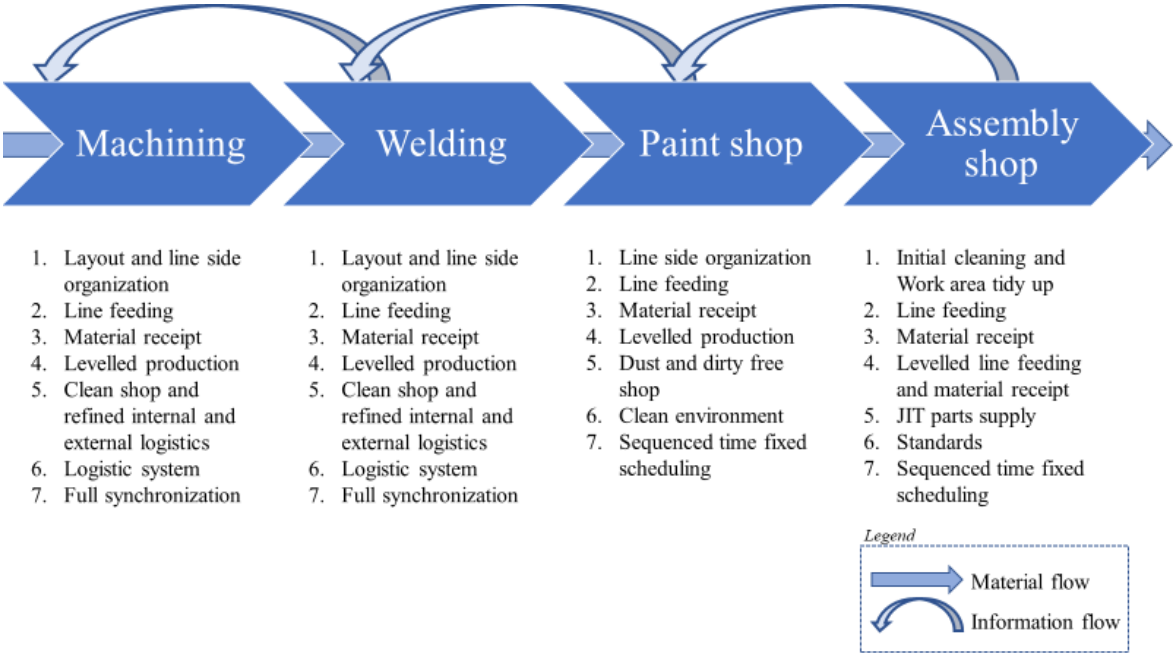


Figura 1.31 L'approccio dei sette steps per ogni area di produzione [Adattata da: CNHi, 2009]

Ogni attività di produzione a valle può essere considerata il cliente dell'attività di produzione a monte.

Step 0 – Attività Preliminari

Questo step rappresenta la fase *startup*, nella quale si assiste alla creazione del team. Con la collaborazione del pilastro tecnico *People Development* si sceglie il *Logistics Pillar Leader*, il quale avrà il compito di definire la strategia globale del pilastro, assegnare i ruoli e le responsabilità ai membri, garantire motivazione e *commitment* (CNHi, 2010). Le conoscenze

e le competenze del Leader di pilastro e del suo team verranno sempre valutate e monitorate grazie all'utilizzo della *Radar chart*. Quest'ultimo è uno strumento che aiuta a definire il livello attuale e quello atteso di conoscenza e competenza che un membro del team ha sui diversi metodi e strumenti propri di ogni fase del percorso di implementazione.

Level	#	Tool/Method	Current	Target
Reactive	1	Parts classification	5	5
Reactive	2	Logistics cost deployment	5	5
Reactive	3	Phase 1: creation of flow, 5T	5	5
Reactive	4	Logistics, step 1	5	5
Reactive	5	Logistics, step 2	3	5
Reactive	6	Separation operation transport	5	5
Reactive	7	Line side stock management	3	5
Reactive	8	Logistics, step 3	5	5
Reactive	9	QC stages 1 & 2	5	5
Reactive	10	QC stages 3 & 4	3	5
Preventive	11	FIFO	5	5
Preventive	12	Phase 2: smooth flow, SMED	3	5
Preventive	13	Andon	3	5
Preventive	14	QC of Incoming materials: phase 5	5	5
Preventive	15	QC of Incoming materials: phases 6 & 7	3	5
Preventive	16	Logistics, step 4	5	5
Preventive	17	JIT and MRP	5	5
Preventive	18	Logistics, step 5	5	5
Preventive	19	WPO/LOG cross training	4	5
Preventive	20	The way items are packed	3	5
Proactive	21	QC of incoming materials: phase 8	5	5
Proactive	22	Phase 3, step 6	4	5
Proactive	23	No Breakdowns, no defects	5	5
Proactive	24	Phase 4, step7: controlled flow	3	5
Proactive	25	Minimum Inventory	5	5
Proactive	26	Purchasing policy @ design stage	4	5
Proactive	27	Suppliers' involment	3	5
Proactive	28	VSM	5	5
Proactive	29	SCM	4	5
Proactive	30	IPS	4	5

Each pillar member has to be evaluated on the LCS standard skills (30):

- **Reactive**
- **Preventive**
- **Proactive**

The goal is to identify possible gaps to be covered through training.

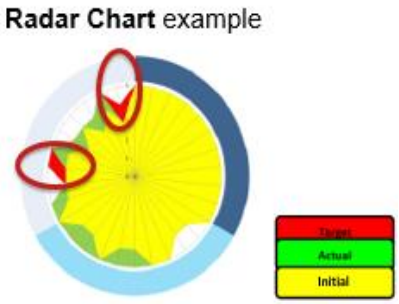


Figura 1.32 Esempio di *Radar Chart* [Adattata da: CNHi, 2010]

Infine, in questa fase preliminare si definiscono la *vision* del pilastro, i bisogni, cioè le attività che sono necessarie a supportare la *vision*, gli obiettivi e i target da raggiungere.

Step 1 – Re-ingegnerizzazione delle linee per soddisfare il cliente

Gli obiettivi dello step 1 sono due: re-ingegnerizzare le linee per soddisfare il cliente e ripristinare le condizioni di base per un buon funzionamento. Il primo obiettivo implica di capire i fabbisogni dei clienti a valle, definire gli obiettivi della logistica e analizzare la situazione di partenza, fare un'analisi dei gap più rilevanti tra i target e la situazione attuale, definire un piano di miglioramento. Il secondo obiettivo richiede di introdurre criteri di

classificazione, misurazione e gestione dei materiali e delle machine (Ketter e Massone, 2007).

Per poter ripristinare le condizioni di base per un buon funzionamento della linea viene avviata una forte collaborazione con il pilastro tecnico *Workplace Organization*. Durante questa collaborazione, gli strumenti principali che vengono utilizzati sono 5S (*Seiri*: separa e ordina, *Seiton*: sistema e organizza, *Seiso*: pulisci, *Seiketsu*: standardizza, *Shitsuke*: mantieni e migliora) e 5T (*Tei-ji*: rotte fisse, *Tei-ichi*: posti fissi, *Tei-hyouji*: gestione a vista fissa, *Tei-ryou*: quantità fissa, *Tei-shoku*: colori standardizzati), al fine di organizzare la linea produttiva e diffondere il concetto di *Minimum Material Handling*, applicare la logica FIFO a tutti i materiali, rimuovere tutto il materiale non necessario dai vari reparti, rimuovere le fonti di sporco e polvere.

Un'altra attività che viene svolta in questo step è la classificazione di tutti i *Part number* (P/N) utilizzati nel processo produttivo in base a 3 caratteristiche:

1. *Variation* (numero di varianti in ogni famiglia di prodotto).
2. *Size* (peso).
3. *Cost* (valore monetario).

I P/N verranno classificati in tre tipologie:

- ***Classe A***:
  - *Bulky*: se il suo peso è superiore a 12 kg e le sue dimensioni sono tali per cui è necessario un manipolatore o un forklift per il suo spostamento.
  - *Expensive*: se il suo valore che si sta valutando si trova nel primo 20% del valore totale.
  - *Prolific* se il P/N appartiene ad una famiglia che ha più di tre varianti.

Inoltre, i P/N appartenenti alla classe A si possono ancora suddividere in:

  - AA.1: in cui rientrano tutte le matricole che hanno molte varianti
  - AA.2: in cui rientrano i codici che sono ingombranti
  - AA.3: in cui rientrano i codici costosi
  - AA.4: altro
- ***Classe C***: contiene tutti gli elementi piccoli ed economici come bulloni, viti, dadi, tappi, pulsanti. La classe C rappresenta circa il 40% del totale dei P/N presenti in uno stabilimento ma con un valore economico al di sotto del 5% del totale.

- ***Classe B***: rientra tutto ciò che non è di classe A o C, ed è perciò detta normale.

Al fine di ridurre le scorte e quindi di combattere gli sprechi, è importante adottare una tipologia di flusso logistico diverso a seconda del tipo di P/N. Nell'attuare la scelta del tipo di flusso oltre agli aspetti appena descritti si dovrà tenere in considerazione il vincolo della distanza dal fornitore. Esistono diverse tipologie di flussi logistici:

- JIT *(Just In Time)*: sequenziamento esterno a partire dal processo produttivo del fornitore
- JIS (*Just In Sequence*): sequenziamento esterno a valle del processo produttivo del fornitore
- IND *(Indirect)*: flusso disaccoppiato con passaggio in magazzino

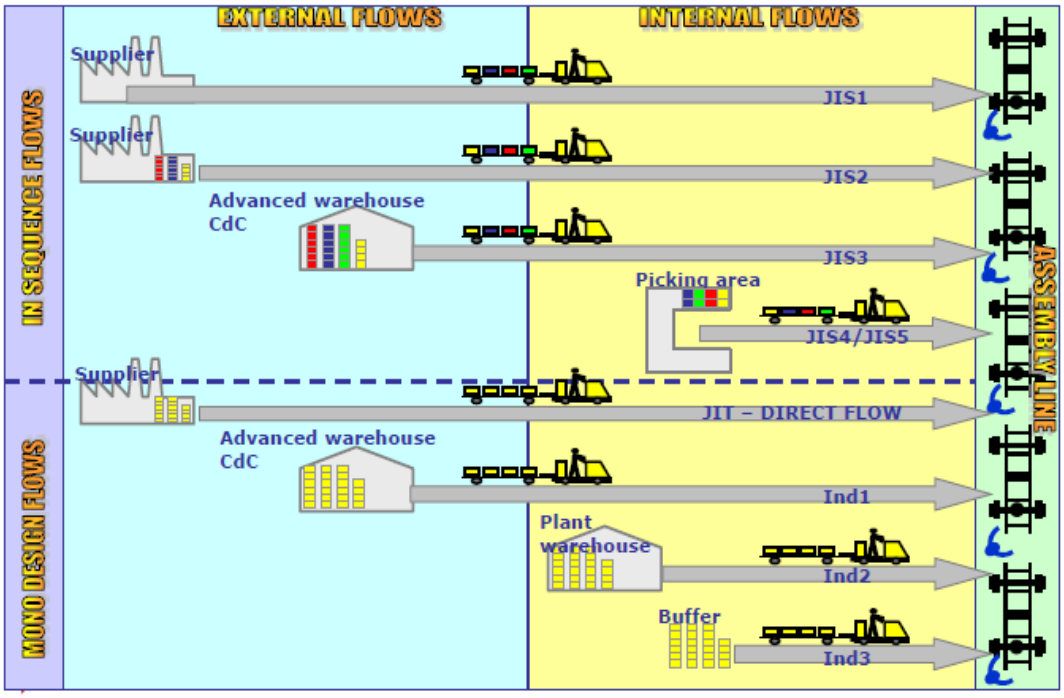


Figura 1.33 Tipologie di flussi logistici [Fonte: CNHi, 2010]

Si realizza quindi il PFEP (*Plan For Every Part*), che permette di ottimizzare la consegna in linea degli articoli in modo che l'inventario e lo spazio fisico per i materiali siano mantenuti al minimo.

Class/Flow/Call off Matrix						Type of flow								
Ideal flow evolution (with B/C analysis) Each evolution from a flow to a better one must be supported by an economic analysis of B/C ratio (business case) 1^ 2^ 3^						In sequence flow					Direct flow	Indirect flow		
						External - from supplier process	External - from supplier warehouse	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	Internal - from advanced warehouse	Internal - from warehous	Internal - from buffer
Class		Typology	Sub Class	Sub Group	Examples	JIS1	JIS2	JIS3	JIS4	JIS5	JIT	Ind1	Ind2	Ind3
A	A	Expensive	AA.1	bulky & many variations	engines, axles, dashboard, gearboxes	1^	1^	2^	3^	3^				
			AA.2	bulky & many variations	side panel, spoiler, catalytic converter, ralla						1^	2^	4^	3^
			AA.3	many variations	Junction boxes	1^	1^	2^	3^	3^				
			AA.4	other (monodesign)	Navigator system						1^	2^	4^	3^
	B	Bulky	AB.1	many variations	Frames, cross members, wheels, noise insulation panels, tanks	1^	1^	2^	3^	3^				
			AB.2	other (monodesign)	Snorkel, door, urea tank						1^	2^	3^	2^
	C	Many variations	AC		Engine supports, hoses, small pipes, mirrors				1^	1^				
B		Normal	B.1		Light, silent block						1^	2^	3^	2^
			B.2	low rotation	Rotating light				1^	1^				
C		Small and cheap	C		Screws, bolts, nuts							1^	2^	1^
					Automat. BOM/Countdown	1^	1^	1^	1^	1^				
					Pushbutton				2^	2^				
					e-kanban						1^	1^	1^	1^
					Kanban				3^	3^	2^	2^	2^	2^

Figura 1.34 Esempio di *PFEP* [Fonte: CNHi, 2010]

Step 2 – Ridefinizione della logistica interna

L'obiettivo dello step 2 è rivedere le modalità della logistica interna per ridurre i buffer e le attività a non valore aggiunto e gli altri sprechi logistici (Ketter e Massone, 2007).

Viene quindi fatta l'analisi del layout e dei flussi produttivi al fine di scegliere il layout più adatto. Esistono diversi tipi logistici di layout produttivi, dalla tradizionale produzione a isole con buffer intermedi molto elevati e fonte di sprechi, fino al flusso continuo senza scorte intermedie. La produzione a flusso continuo è la situazione ideale, ma non sempre è applicabile quindi occorrerà transitare attraverso soluzioni intermedie.

I primi interventi che si fanno avranno lo scopo di implementare la logica *pull* nel flusso di materiale e garantire la logica FIFO attraverso la creazione di aree di *Sequencing, Kitting*, *Picking* e *Supermarket*.

Le attività di *Sequencing* e di *Kitting* vengono eseguite in specifiche aree logistiche dove le parti vengono raccolte e organizzate prima di essere spedite nella linea di produzione. I principi per realizzare queste due tipologie di attività sono quasi comparabili, l'unica differenza sta nella dimensione dell'oggetto, nelle attrezzature e nel metodo di consegna alla linea. In particolare, si tratta di *Kitting* se le parti sono rappresentate da un insieme di più oggetti, solitamente P/N AA.3, AC, B.2, che appartengono a differenti famiglie logistiche, riposti in dei kit e portati al punto di utilizzo. Si parla di *Sequencing* se le parti da consegnare

sono rappresentate da oggetti pesanti, solitamente P/N di tipo AA.1 e AB.1, che appartengono alla stessa famiglia logistica, riposti in dei carrelli o in dei supporti specifici, e portati al punto di utilizzo.

Figura 1.35 Esempio di *Kitting activities*. Fonte: [4]

L'azione per la raccolta delle parti è denominata attività di *Picking* e l'area dove vengono prelevati ha il nome di *Picking Area*.

Infine, se sono previsti container standard, riforniti direttamente dal fornitore e poi presi e portati sulla linea di produzione, allora questi prenderanno il nome di Supermarket e l'area in cui avviene l'attività di prelievo dei container si chiama *Supermarket area*. La creazione di queste aree consente di trasportare il materiale in conformità con il concetto di *Minimum Material Handling*, riducendo gli sprechi riconducibili a movimentazioni inutili. Per lo spostamento dei vari P/N all'interno della fabbrica, vengono definite delle rotte di trasporto interno che garantiscono efficienza.

Per garantire logiche JIT e processi *pull*, viene utilizzato un sistema di gestione e controllo delle attività di produzione basato su *Kanban* (cartellino). Il sistema Kanban può essere applicato all'intero processo o ad una singola attività produttiva, e rappresenta un "segnale visivo" che gestisce, in tempo reale, il flusso dell'approvvigionamento. Esistono diversi tipi di Kanban:

- *Kanban card*: una scheda dettagliata e definita che mostra tutte le istruzioni per l'esecuzione dell'attività di rifornimento materiale. Il cartellino può essere fisso su una scatola (in questo caso il kanban box è associato ad un ciclo kanban specifico), o appeso e rimosso dalla scatola in base alla definizione del processo (lo stesso box

è condiviso da diversi cicli kanban); in questo secondo caso, il contenitore vuoto passa all'area dei contenitori vuoti, mentre il cartellino va riposto sul contenitore pieno e consegnato alla linea, seguendo le regole del processo.

- *Electronic Kanban*: il cartellino è sostituito da un segnale elettronico, che viene inviato attraverso il sistema per richiedere la consegna degli articoli.
- *Visual Kanban*: una bandiera, una luce o qualsiasi altra cosa che indica visivamente la necessità di rifornimento;

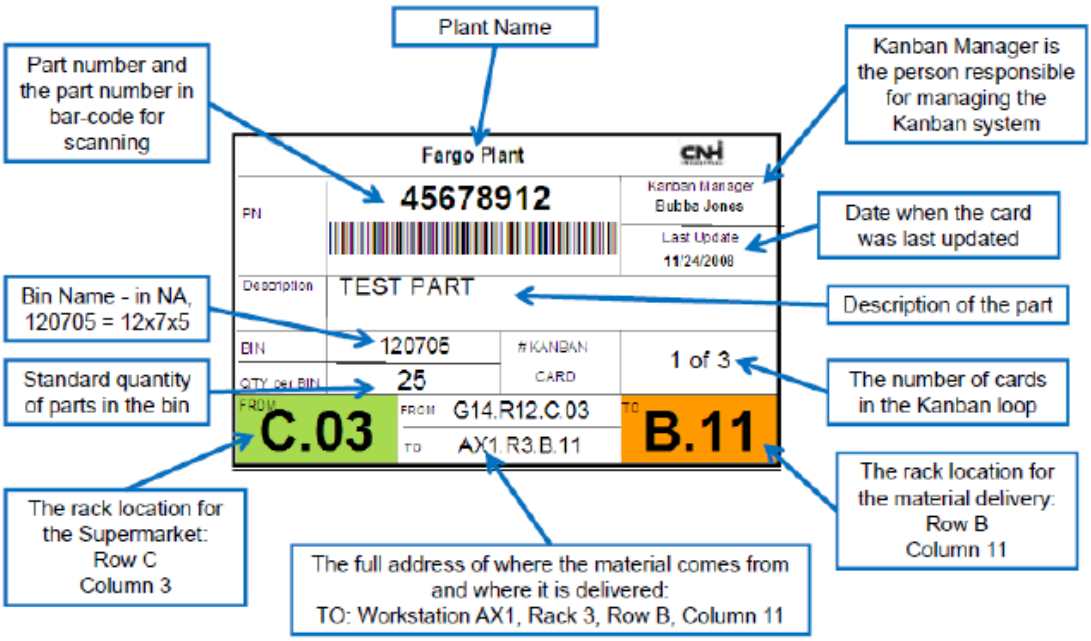


Figura 1.36 Esempio di Kanban Card [Fonte: CNHi, 2017]

Esistono due tipi di gestione attraverso il sistema *Kanban*:

- *Production Kanban*: specifica la tipologia e la quantità di parti che il processo a monte deve produrre. Viene utilizzato tra le diverse stazioni produttive oppure nei confronti del fornitore che hai il compito di fornire le parti richieste;
- *Withdrawal Kanban*: specifica la tipologia e le quantità di parti che il processo ha bisogno di prelevare. Viene utilizzato solitamente nelle aree di prelievo e nei supermarket.

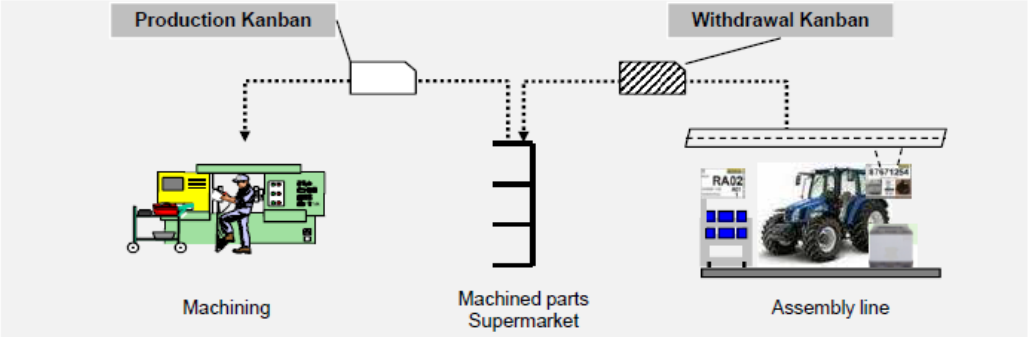


Figura 1.37 Esempio di *Production Kanban* e *Withdrawal Kanban* [Fonte: CNHi, 2017]

Mentre il sistema *Kanban* viene utilizzato per oggetti che appartengono alle classi B.1 e C, per gestire e controllare l'inventario di articoli piccoli e di basso valore viene utilizzato il sistema *Two-bin*, un metodo di approvvigionamento a quantità fissa ed intervallo temporale variabile. Il sistema *Two-bin* prevede l'impiego di due cassette, di cui una si preleva e l'altra si lascia come scorta. Quando la cassetta in uso è vuota ("*empty-bin*") e si utilizza la seconda, viene emesso un ordine (di acquisto o di lavorazione), al fine di riempire la cassetta.

Infine, nello step 2 ci si occupa anche di *Visual Management* al fine di rendere tutto visibile e facile da identificare. Il *Visual Management* definisce gli standard per identificare le posizioni di ogni parte nello stabilimento. Viene quindi realizzata la segnaletica nelle varie stazioni di lavoro e sui pavimenti, vengono realizzati segnali nelle aree di *picking* e nei *supermarket*. Ciò viene fatto per eliminare gli errori di consegna, segnando ogni posizione nello stabilimento con un'identificazione chiara a coerente.

Step 3 – Ridefinizione della logistica esterna

L'obiettivo dello step 3 è di rivedere la logistica esterna, in particolare il rapporto con i fornitori e il sistema di trasporto, allo scopo di ridurre gli sprechi, aumentare l'efficienza dei mezzi e mettere a flusso la produzione e gli approvvigionamenti. Diversi interventi vengono fatti per migliorare le performance della logistica esterna. I primi due interventi sono rappresentati dal trasporto misto e dal carico misto (*Milk Run*). In questi casi si caricano sullo stesso camion prodotto che vengono da fornitori diversi.

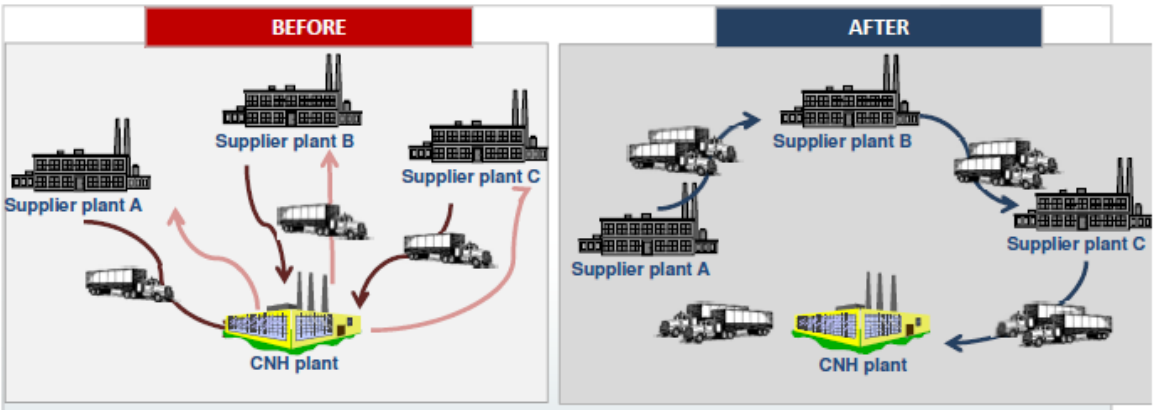


Figura 1.38 Esempio di *Milk Run* [Fonte: CNHi, 2011]

Come si vede dalla figura sopra, prima ciascun fornitore mandava il suo camion, dopo il cambiamento c'è solo un camion che, partendo dal *plant*, passa dagli stabilimenti dei vari fornitori. Questa soluzione ha il vantaggio di aumentare la saturazione dei camion e di aumentare la frequenza di arrivo dei componenti e quindi di ridurre le dimensioni medie del lotto di consegna, con conseguente riduzione delle scorte di stabilimento.

Un terzo intervento che viene fatto in questo step è la standardizzazione degli imballi al fine di ridurre gli sprechi e ricevere solo le quantità necessarie sulla base della schedulazione di produzione prefissata. Un quarto intervento per eliminare gli sprechi consiste nel ricorrere il più possibile a consegne dirette dal fornitore alla linea di produzione, senza lasciare la merce ai magazzini intermedi. A proposito è rilevante la collaborazione con il pilastro tecnico *Quality Control* per quanto riguarda il controllo di accettazione delle forniture: se viene implementato un flusso di consegna JIT o JIS lo stabilimento non potrà perdere tempo nelle ispezioni dei lotti in entrata; questo significa il materiale consegnato direttamente in linea deve trovarsi almeno stadio 6 della classificazione dei fornitori che viene fatta dal pilastro *Quality Control* attraverso lo strumento *8 stages of Incoming Materials*.

	Supplier		Customer	
Stage	Production department	Inspection department	Inspection department	Production department
1	-	-	-	100% inspection
2	-	-	100% inspection	
3	-	100% inspection	100% inspection	
4	-	100% inspection	Sampling inspection or check inspection	
5	100% inspection	Sampling inspection	Sampling inspection or check inspection	
6	Process control	Sampling inspection	Check inspection or no inspection	
7	Process control	Check inspection	Check inspection or no inspection	
8	Process control	No inspection	No inspection	

Figura 1.39 Esempio di *8 Stages of Incoming Materials* [Fonte: CNHi, 2011]

Ovviamente, per poter mettere in atto le azioni descritte e migliorare la logistica esterna, sono fondamentali il coinvolgimento e la cooperazione dei fornitori. L'*inbound logistics* si deve occupare di creare un programma di fornitura coerente ed affidabile da proporre ai fornitori per ridefinire le rotte da percorrere, modificare le quantità di imballaggio in base alla dimensione dei supermarket e dei kit di linea, utilizzare contenitori riutilizzabili in modo da essere rispediti appena svuotati, ridurre le quantità consegnate e aumentare la frequenza di consegna. Un metodo per ottimizzare le consegne è rappresentato dall'utilizzo del *Truck Kanban*. Esso si basa sul concetto di *kanban*, utilizzando un rimorchio vuoto come *trigger* per le nuove consegne dal fornitore al *plant*. Il *Truck Kanban* può portare ai seguenti vantaggi (CNHi, 2017):

- riduzione delle aree di stoccaggio;
- riduzione del capitale circolante;
- eliminazione delle ore di attesa dell'operatore addetto allo scarico delle merci.

La standardizzazione del packaging è un'attività importante in questo step per migliorare sia la logistica esterna che quella interna. Cinque condizioni devono essere rispettate quando si introduce una nuova modalità di confezionamento o quando si valuta quella corrente (CNHi, 2017):

1. gli articoli nei contenitori non sono imballati
2. gli articoli nei contenitori sono facilmente identificabili
3. gli articoli nei contenitori sono facilmente conteggiabili

4. i contenitori possono essere facilmente impilati e trasportati
5. i contenitori possono essere facilmente prelevati dal camion di consegna

Un'altra pratica implementata il questo step è il *Cross-docking*. Essa consiste nella gestione dei materiali di scarico da un camion in arrivo e il caricamento di questi direttamente su camion in uscita senza alcun deposito intermedio.

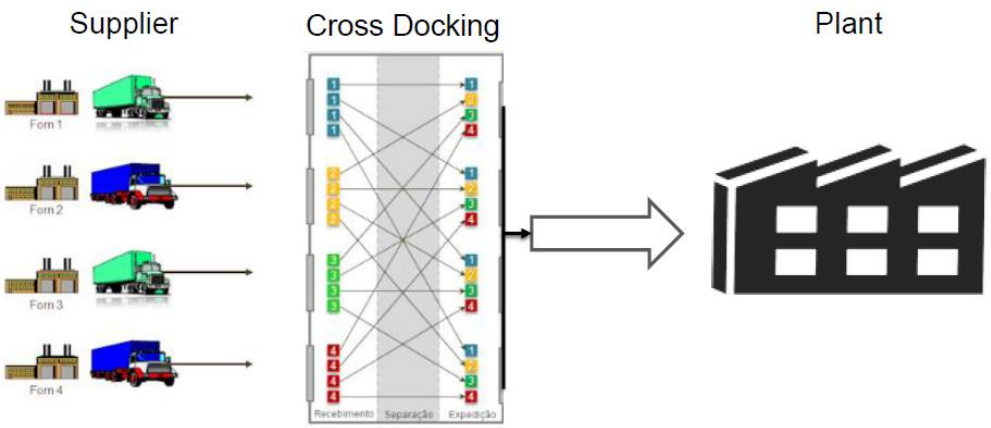


Figura 1.40 Esempio di *Cross-Docking* [Fonte: CNHi, 2017]

Ciò può essere fatto per modificare il tipo di trasporto, per ordinare materiali destinati a destinazioni diverse o per combinare materiali di origini diverse in veicoli di trasporto con la stessa destinazione.

Step 4 – Livellamento della produzione

L'obiettivo dello step 4 è livellare la produzione in ogni fase produttiva per fare in modo che tra le diverse parti del sistema produttivo non ci siano buffer intermedi. Questo significa che la stazione produttiva a monte deve produrre solo la quantità richiesta dalla stazione produttiva a valle. Per fare ciò bisogna essere flessibili, cioè realizzare un sistema produttivo che in tutte le sue parti riesca a produrre basse quantità ed elevata varietà, producendo solo quello che serve rispettando il piano di produzione pianificato. La flessibilità permette di rispondere tempestivamente ai cambiamenti della domanda, mantenendo elevato il livello di soddisfazione del cliente. La flessibilità si ottiene attraverso (CNHi, 2017):

1. Sincronizzazione dei processi interni ed esterni
2. Analisi dei vincoli e delle perdite e applicazione di adeguate contromisure

ciò permette la riduzione dei buffer presenti nel sistema e quindi del *lead time* totale.

Per ottenere la sincronizzazione dei processi interni ed esterni, occorre lavorare e migliorare tre tipi di flessibilità (CNHi, 2017):

a. Flessibilità dei fornitori: far in modo che le forniture siano adeguate al livello di produzione del *plant*, e quindi migliorare il livello di servizio dei fornitori, lavorando sulle attività dello step 3;
b. Flessibilità dei macchinari: per ottenere flessibilità su impianti e macchinari l'azienda può introdurre robot e veicoli collaborativi all'interno dello stabilimento; grazie al loro livello di automazione, possono essere programmati in modo da percorrere autonomamente delle rotte prefissate all'interno della fabbrica senza richiedere interventi da parte dell'operatore. AGVs (*Automatic-Guided Vehicles*) e robot collaborativi donano maggiore flessibilità riducendo il *Material Handling* e in generale le attività a non valore aggiunto, consegnando o prelevando il materiale direttamente al punto di utilizzo.

Figura 1.41 Esempio di carrelli non automatizzati (sinistra) e di AGVs (destra) [Fonte: CNHi, 2017]

c. Flessibilità della forza lavoro: quando si ha un calo o un incremento di domanda, l'azienda può essere in grado di fronteggiare queste fluttuazioni aumentando o riducendo la forza lavoro. In particolare, nel caso di calo di domanda, l'organizzazione può mantenersi flessibile riducendo il numero di ore lavorative o il numero di operatori per il periodo che ritiene necessario; nel caso di incremento di domanda, l'azienda può assumere nuova forza lavoro oppure ricorrere ad operatori in grado di svolgere diverse mansioni e posizionarli laddove risulti necessario livellare la produzione (*reliefman*).

Tutto ciò serve per riuscire a livellare il volume e il mix produttivo al fine di rispondere alla domanda del cliente, senza avere alti livelli di inventario. Laddove non esiste sincronizzazione tra i vari processi produttivi, vuol dire che si è in presenza di vincoli che la impediscono, e dunque in presenza di perdite. Risulta quindi necessario fare un'analisi dei

vincoli presenti all'interno del processo produttivo, in modo tale da poter attuare le giuste azioni correttive al fine di eliminarli.

I vincoli di un processo produttivo possono essere raggruppati in (FCA, 2017):

- Intrinseci: identificano tutti i processi non livellati e sono visibili attraverso l'analisi dei buffer presenti tra i processi o tra le unità produttive. Essi si dividono in:
  - di prodotto: vincoli legati alle caratteristiche del prodotto
  - tecnologici: vincoli di programmazione dovuti alla capacità degli impianti di gestire diversi mix produttivi
  - di capacità: vincoli legati alla capacità dei fornitori
- Temporanei: vincoli contingenti, legati a problemi che non si possono controllare o prevedere (sciopero dei fornitori, condizioni climatiche, e così via).

Per analizzare e rimuovere i vincoli intrinseci, lo strumento utilizzato è la VSM (*Value Stream Map*), che consente di analizzare i buffer presenti in un processo produttivo.

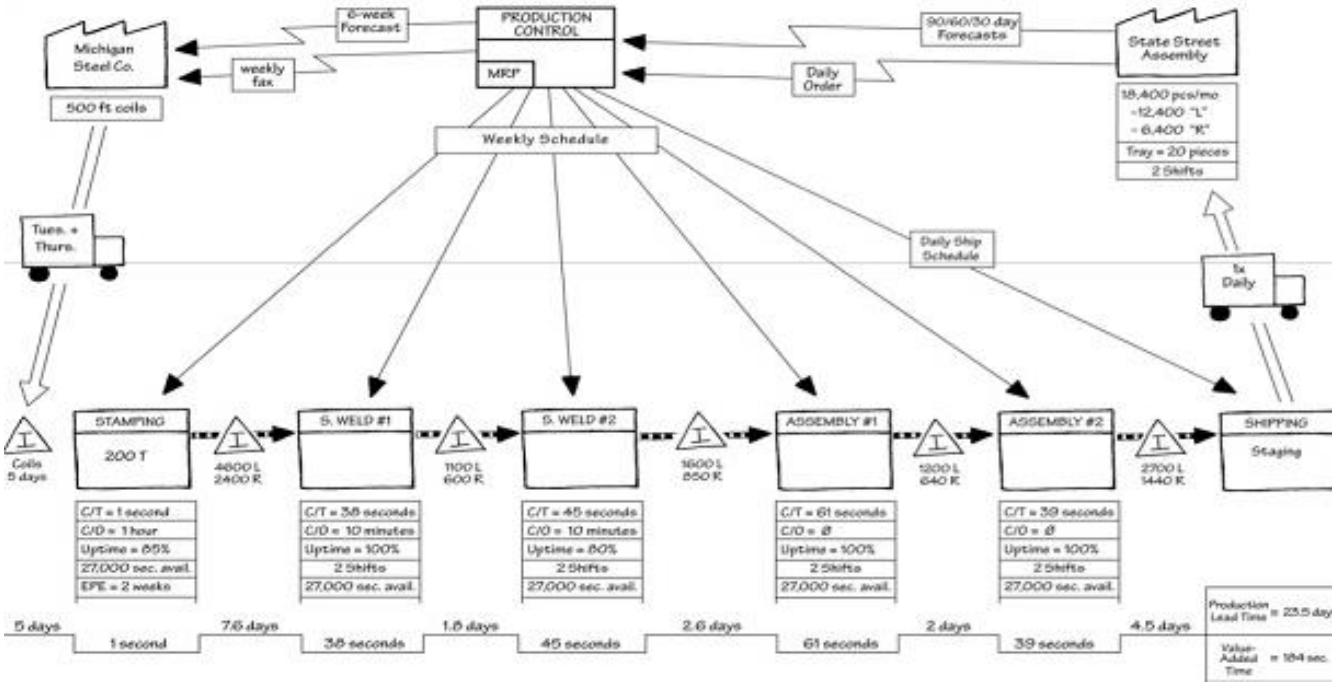


Figura 1.42 Esempio di VSM. Fonte: [5]

La VSM consente di rappresentare graficamente l'intero flusso di valore di ogni prodotto da valle a monte. In questo modo è possibile individuare i vari tipi di buffer e le perdite che generano.

Si realizza quindi una matrice che collega i vincoli trovati alle perdite generate, e si procede alla stratificazione, attraverso un diagramma di Pareto, delle perdite e dei vincoli. In questo modo si individuano le criticità.

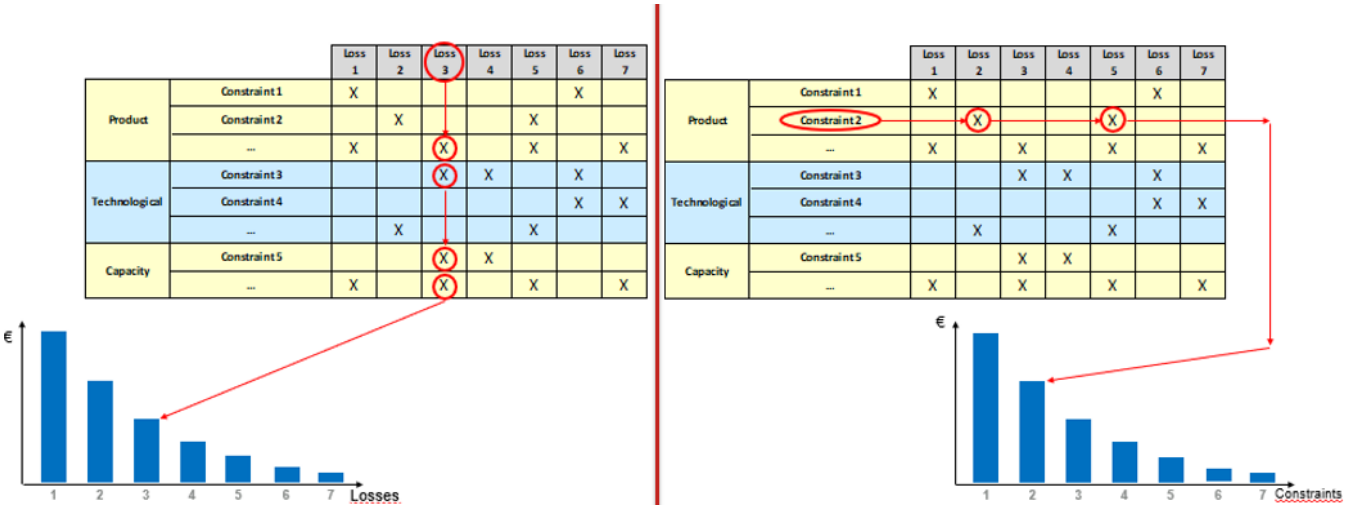


Figura 1.43 Esempio di Stratificazione per perdite (sinistra) e per vincoli (destra) [Fonte: FCA, 2016]

Individuata la perdita o il vincolo da aggredire, si applicano le contromisure adatte, ad esempio, grazie alla collaborazione con i pilastri tecnici *Autonomous Maintenance* e *Professional Maintenance*, è possibile ridurre i tempi di set-up delle macchine migliorandone la produttività.

Per quanto riguarda l'analisi dei vincoli temporanei, si analizzano le *sequence disruptions*. Ogni volta che la sequenza produttiva dello stabilimento non rispetta la sequenza schedulata, vuol dire che è accaduta una *sequence disruption* e ciò provoca delle perdite. Per ogni *sequence disruption*, viene fatta la stratificazione delle varie perdite che genera, vengono identificate le relative *root causes* e indirizzate al pilastro tecnico di interesse.

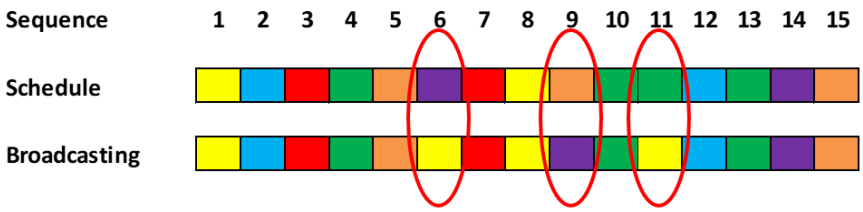


Figura 1.44 Esempio di *sequence disruptions* [Fonte: FCA, 2017]

In ambito logistico, le *sequence disruptions* vengono associate alle varie famiglie logistiche che quindi possono essere stratificate in modo da identificare la famiglia logistica maggiormente critica. A questo punto si definiscono le contromisure da applicare.

Step 5 – Raffinare la logistica interna ed esterna

Questo step è l'evoluzione dello step precedente, e si focalizza sulla rifinizione dei miglioramenti già implementati, combinando quindi l'ottimizzazione raggiunta nei processi all'interno dello stabilimento (step 2) con quella ottenuta nei flussi esterni (step 3), assieme ai vantaggi derivanti dalla sincronizzazione dei processi e dal livellamento della produzione raggiunti (step 4). L'obiettivo è quindi creare un flusso uniforme concentrandosi sulla riduzione del *lead time* e sul raggiungimento di livelli di precisione del servizio logistico più elevati. Ciò implica lo sviluppo e miglioramento dei tempi standard e l'avvio di un forte coinvolgimento del pilastro tecnico *Workplace Organization* (Ketter e Massone, 2007).

Durante questa collaborazione avviene la revisione della classificazione dei materiali al fine di perfezionare i tempi di prelievo e di rilascio, l'implementazione dei concetti *Golden & Strike zones* e la revisione dei carrelli al fine di ridurre al minimo il *Material Handling*. La conformità con i requisiti *Golden & Strike zones* viene eseguita nel contesto della revisione della classificazione materiale in modo tale che la consegna dei materiali nelle varie postazioni di lavoro avvenga il più vicino possibile all'operatore in modo da aumentare la precisione in termini di tempi di raccolta e dunque ridurre le attività a non valore aggiunto nelle stazioni di processo (CNHi, 2011).

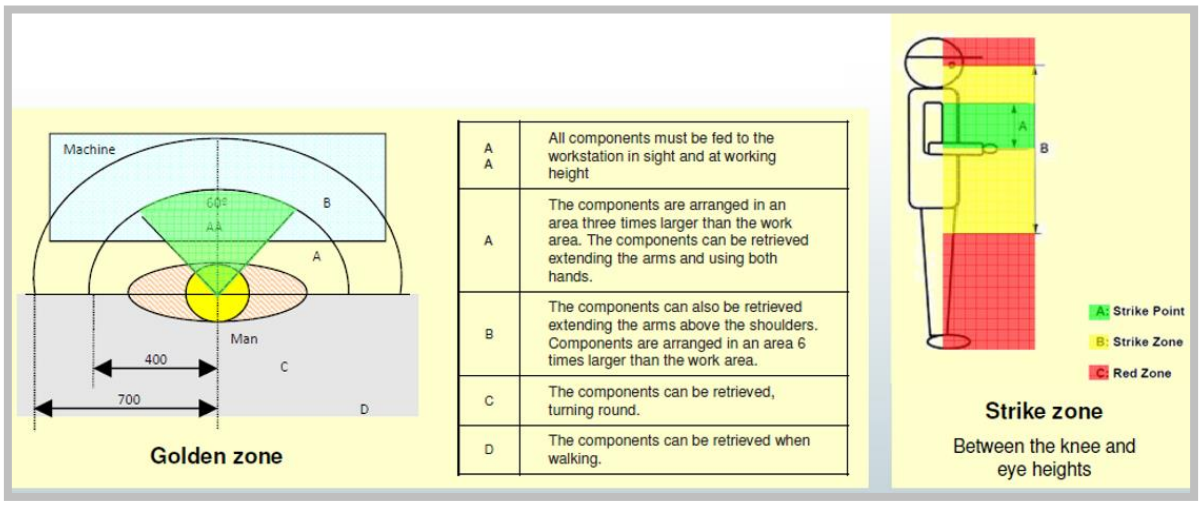


Figura 1.45 *Golden & Strike zones* [Fonte: CNHi, 2011]

Altre attività che vengono svolte nello step 5 riguardano l'ottimizzazione dei percorsi all'interno dello stabilimento e l'ottimizzazione delle aree di *Sequencing* e *Kitting*. A tal proposito, si cerca di raggiungere la standardizzazione in termini di tempi e di attività, ciò significa mappare le attività richieste per la preparazione dei kit, evidenziare gli errori e le attività non necessarie che si verificano nell'area esaminata, analizzare ed implementare

contromisure per attaccare ed eliminare le perdite, standardizzare i tempi. Inoltre, si tende a realizzare il *One Piece Flow* per materiali voluminosi, il che significa passare da una consegna in sequenza di un set di pezzi ad una consegna di un pezzo alla volta (Ketter e Massone, 2007). L'implementazione del *One Piece Flow* implica la revisione della composizione del flusso logistico in termini di articoli e relative quantità trasportate, in modo da ridurre il livello di stock all'interno dello stabilimento.
Infine, ci si concentra sulla messa a punti dei flussi logistici esterni, cercando di ottimizzare quelli già esistenti, con l'obiettivo di ridurre i tempi di consegna e i costi di trasporto.

Step 6 – Integrare rete di vendita, produzione e acquisti

Nello step 6 l'integrazione e la sincronizzazione vengono estesi alle vendite, alla distribuzione e agli acquisti per raggiungere un sistema logistico integrato e creare un flusso accurato (Ketter e Massone, 2007).
Tutto questo viene raggiunto ottimizzando le attività dell'intera *Supply Chain* e continuando ad espandere all'interno dello stabilimento la standardizzazione dei processi logistici. Quindi continuando a migliorare la flessibilità e definendo metodi e procedure standard per la ricezione e fornitura dei componenti. In questo step si coinvolgono le varie aree dell'organizzazione che si occupano della pianificazione della produzione, della distribuzione e degli acquisti in modo tale che il *Logistic Cost Deployment* (vedi Par. 1.6.2) possa fare da supporto nei vari processi decisionali per la riduzione dei costi logistici, la definizione dei parametri del MRP (*Material Requirements Planning*), l'ottimizzazione del *packaging* dei lotti.
Ovviamente ciò richiede l'attuazione di ulteriori progetti di collaborazione con i fornitori, ai quali vengono forniti i requisiti logistici che dovranno essere rispettati nel processo di approvvigionamento. A tal proposito il pilastro *Logistics & Customer Service* collabora fortemente con i pilastri tecnici *Autonomous Maintenance* e *Professional Maintenance*, per il monitoraggio dei tempi di set-up e l'organizzazione delle postazioni di lavoro negli stabilimenti dei fornitori.

Step 7 – Adottare una sequenza di programmazione a tempo prefissato

Lo step 7 del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Logistics & Customer Service* mira all'adozione di un metodo di schedulazione bastato su una sequenza a tempo prefissato in modo da creare un flusso totalmente sotto controllo (Ketter e Massone, 2007).

L'obiettivo di questo step è il raggiungimento della piena sincronizzazione tra le attività di fornitura, produzione e distribuzione, con lo stock minimo di articoli in magazzino (idealmente pari a zero).
Non essendoci scarti e dato che la produzione rispetta esattamente il piano, i prodotti vengono realizzati in tempo e consegnati al cliente rispettando esattamente le date di consegna.

1.6.2 Cost Deployment Logistico

Il *Logistic Cost Deployment* (LOG CD) è un approccio dettagliato del pilastro tecnico *Cost Deployment* che si concentra sulle perdite logistiche. Lo scopo è quello di identificare le *root causes* delle perdite logistiche ed attuare delle azioni correttive al fine di eliminare le perdite individuate. Come il *Cost Deployment* viene considerato la bussola che orienta i pilastri tecnici, il *Logistic Cost Deployment* rappresenta la bussola del pilastro tecnico logistico. Le perdite maggiori della logistica sono raggruppabili in 21 tipi principali, riconducibili a tre fattori principali: *Inventory*, *Handling*, *Transportation* (Ketter e Massone, 2007). Questi tre fattori principali si possono scomporre in sottocategorie:

1. *Inventory losses*: perdite dovute ad un livello di inventario differente dal livello standard WCM richiesto; perdite dovute ad un livello di scorte di sicurezza non ottimale a far funzionare l'impianto nei casi di picco della domanda.
2. *Labor losses*: perdite per eccesso di manodopera; perdite dovute ad insaturazione dei lavoratori del magazzino o degli addetti alla movimentazione dei materiali; perdite dovute alla manodopera in cui i flussi WCM non sono stati implementati.
3. *Space losses:* perdite dovute al livello di spazio utilizzato per lo stoccaggio e percorso superiore al livello di mq standard richiesto;
4. *Equipment losses:* perdite dovute all'utilizzo delle attrezzature per la movimentazione dei materiali e per il magazzino oltre il livello standard richiesto; perdite dovute all'utilizzo di apparecchiature a livello non ottimale per fornire materiale nei vari punti di utilizzo o per le attività di magazzino; perdite dovute all'utilizzo di apparecchiature volte a fornire materiali dove i flussi WCM non sono stati ancora implementati;
5. *Transportation losses*: perdite legate ai costi dei veicoli aziendali, dei trasportatori interni ed esterni allo stabilimento; come ad esempio l'eccesso di mezzi di

movimentazione, la scarsa efficienza nel loro uso per errata organizzazione, l'uso di mezzi di trasporto per movimenti non necessari, oppure perdite legate alla consegna di container in cui lo spazio non è riempito in modo ottimale.

MACROCATEGORY	SUB CATEGORY	LOSS
INVENTORY	Inventory loss	Excess inventory loss
		Safety inventory loss
		Net inventory loss
	Labor loss	Excess labor loss
		Labor efficiency loss
		Necessary net manhour loss
	Space loss	Excess space loss
		Space efficiency loss
		Necessary net space loss
HANDLING	Labor loss	Excess labor loss
		Labor efficiency loss
		Necessary net manhour loss
	Space loss	Excess space loss
		Space efficiency loss
		Necessary net space loss
	Equipment loss	Excess equipment loss
		Equipment effectiveness loss
		Equipment net operating loss
TRANSPORTATION	Transportation Loss	Excess transportation loss
		Transportation efficiency loss
		Necessary net transportation loss

Figura 1.46 Perdite principali del processo di produzione [Fonte: CNHi, 2016]

Il LOG CD è un metodo che si sviluppa in 7 step e consiste nella compilazione di matrici tipiche del Cost Deployment, che consentono di risalire dalle perdite, o sprechi, alle cause, per la loro eliminazione. Le perdite legate alle cause vengono identificate attraverso le matrici A, B e C, mentre i progetti definiti per attaccare le perdite vengono elencati nella matrice D. Di seguito è rappresentata l'implementazione del *Cost Deployment* logistico (Ketter e Massone, 2007):

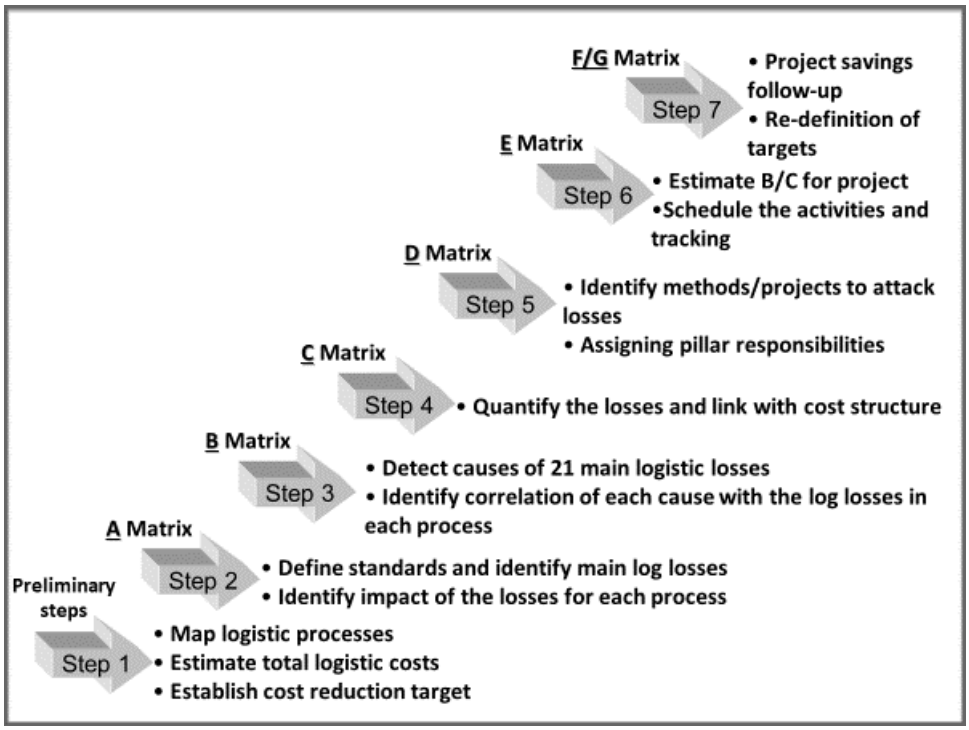


Figura 1.47 Percorso di implementazione del *Logistic Cost Deployment* [Adattata da: CNHi, 2016]

A Matrix

La *A Matrix* consente di individuare come sono distribuite le perdite maggiori incrociando le aree e i tipi di perdita (perdite relative alla movimentazione interna ed esterna, alla gestione delle scorte e al trasporto).

MACROCATEGORY	SUB CATEGORY	LOSS	Process 1	Process 2	Process 3
INVENTORY	Inventory loss	Excess inventory loss			
		Safety inventory loss			
		Net inventory loss			
	Labor loss	Excess labor loss			
		Labor efficiency loss			
		Necessary net manhour loss			
	Space loss	Excess space loss			
		Space efficiency loss			
		Necessary net space loss			
HANDLING	Labor loss	Excess labor loss			
		Labor efficiency loss			
		Necessary net manhour loss			
	Space loss	Excess space loss			
		Space efficiency loss			
		Necessary net space loss			
	Equipment loss	Excess equipment loss			
		Equipment effectiveness loss			
		Equipment net operating loss			
TRANSPORTATION	Transportation Loss	Excess transportation loss			
		Transportation efficiency loss			
		Necessary net transportation loss			

Figura 1.48 Esempio di *A Matrix* [Fonte: CNHi, 2016]

La *A Matrix* può essere compilata con un approccio qualitativo, valutando l'impatto che quella perdita può avere su un determinato processo (mettendo un peso da 0 a 3 in ogni cella che rappresenta una combinazione perdita-processo), oppure quantitativo (stimando il valore economico di ogni perdita relativa ad ogni processo). In quest'ultimo caso le perdite che vanno inserite nella matrice sono rappresentate dai costi attuali logistici legati a quel particolare processo. Partendo poi dai costi attuali si possono andare a definire quelli ideali.

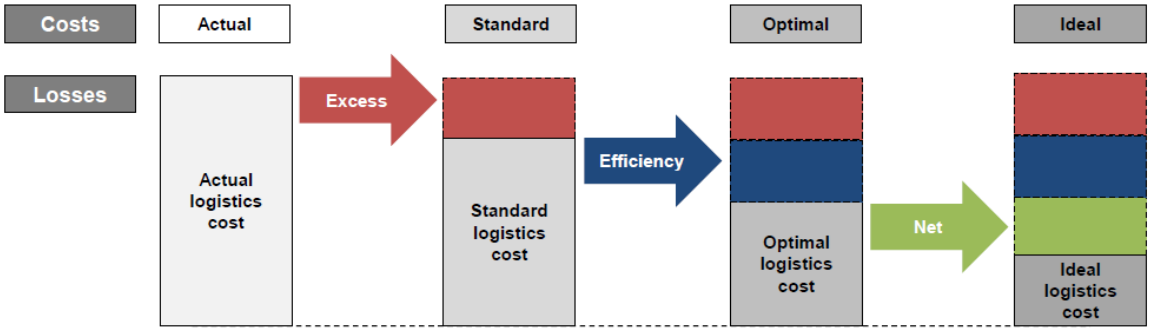


Figura 1.49 Processo di definizione del costo logistico ideale [Fonte: CNHi, 2016]

I vari tipi di costo vengono così definiti (CNHi, 2016):

- *Standard logistic costs*: i costi logistici dello stabilimento legati alla sua installazione (layout, processi, organizzazione, sistemi, …);
- *Optimal logistic costs*: i costi logistici attesi sui processi di miglioramento da attuare all'interno dello stabilimento;
- *Ideal logistic costs*: i costi logistici legati alle minime perdite logistiche (idealmente 0,00 €)

B Matrix

La *B Matrix* consente di rilevare le perdite e gli sprechi causali che sono all'origine delle perdite risultanti dalla *A Matrix*; è opportuno dettagliare il tipo di perdita specifica denominandola in modo chiaro ed esplicito al fine di identificarne la natura causale. La *B Matrix* collega le perdite causali dei processi logistici più rilevanti identificati nella *A Matrix* (in riga) alle perdite risultanti. Questa matrice viene compilata prima qualitativamente e dopo in modo quantitativo.

B Matrix								
	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss	Excess Inventory Loss
				Resultant Losses				
Cause	Transportation	Gate Entry / GRN	Physical Receiving/Unloading	Admin Activities	Shortage Monitoring (LSR)	Ready to move (sub Warehouse feeding)	Decanting (Repacking)	Storage Warehouse(Normal Item) incl. Inbounding
	-	-	-	-	-	-	-	33,740,698
Inadequate Linefeeding	0	0	0	0	0	0	0	0
Inadequate Packaging	0	0	0	0	0	0	0	0
Inadequate Equipment	0	0	0	0	0	0	0	0
Inadequate MRP paramters	0	0	0	0	0	0	0	13496279.4
Production Scheduling Changes	0	0	0	0	0	0	0	7760360.654
Engineering change / BOM errors	0	0	0	0	0	0	0	3374069.849
Stock loss	0	0	0	0	0	0	0	0
Supplier behind schedule	0	0	0	0	0	0	0	0
Supplier shipping discrepancy	0	0	0	0	0	0	0	1349627.94
Supplier overshipment	0	0	0	0	0	0	0	5061104.774
Lack of Training (Causal Losses)	0	0	0	0	0	0	0	1012220.955
Lack of Attention	0	0	0	0	0	0	0	0
Process Weakness	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant layout	0	0	0	0	0	0	0	0
Scraps / defective parts	0	0	0	0	0	0	0	0
Delay due to Acts of God	0	0	0	0	0	0	0	0
Delay in Transit	0	0	0	0	0	0	0	0
New Model Programs	0	0	0	0	0	0	0	1687034.925
Damage in Transit	0	0	0	0	0	0	0	0
Very slow moving item	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	33740698.49
Cantrol	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 1.50 Esempio di *B Matrix* [Fonte: CNHi, 2016]

C Matrix

La *C Matrix* consente di evidenziare e concentrarsi sulle perdite causali e sui processi in cui sono state identificate nelle matrici precedenti. La *C Matrix* mostra anche le perdite relative alla produzione e la porzione specifica per la logistica.

				Transformation Cost									Non-transformation Cost					
				TOTAL	Direct labor	Indirect labor	Rework	Consumable materials	Utilities	Maint. Expenses	Prod. Related work& services	Rentals, hiring, lease exp.	TOTAL	Space	Inventory	Transport	Slow moving	Obsolescence
Causal losses interrelation with processes	Process	Loss category	Loss Family															
	...und	Inventory loss	INVENTORY															
	...ning	Inventory loss	INVENTORY															
	Shopping	Inventory loss	INVENTORY															
	...	...	...															

CD Manufacturing

Specific logistic part

Figura 1.51 Esempio di *C Matrix* [Adattata da: CNHi, 2016]

L'output della *C Matrix* è un diagramma di Pareto di tutte le perdite individuate. Esso sarà l'input per identificare le perdite più consistenti da attaccare (*D Matrix*).

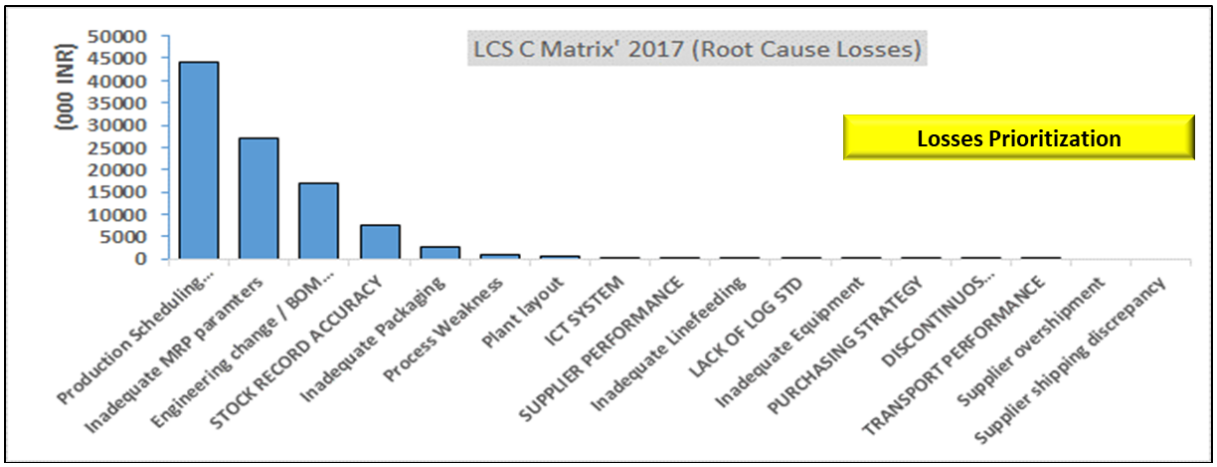


Figura 1.52 Esempio di output della *C Matrix* [Fonte: CNHi, 2016]

D Matrix

Una volta che la *C Matrix* è stata costruita e le principali perdite sono state evidenziate, nella *D Matrix* vengono definiti i progetti specifici per attaccare le perdite più consistenti. La *D Matrix* è lo strumento utilizzato per stabilire la priorità dei progetti di miglioramento da attuare; ciò viene fatto usando l'indice ICE (vedi Par. 1.3.2.), per i *plant* fino al livello Bronzo o, altrimenti, il rapporto B/C (*Benefits*/*Costs*). In questo modo si possono suddividere i progetti in sotto progetti e realizzare un adeguato piano di azione, sotto forma di diagramma di Gantt, per i successivi tre anni. Nella *D Matrix* si assegnano le responsabilità dei progetti ai vari pilastri, si definisce il potenziale capo progetto e la potenziale squadra. I progetti che vengono definiti per attaccare le perdite possono basarsi sui due diversi approcci al miglioramento, focalizzato e sistematico, già visti precedentemente (vedi Par. 1.3.2.).

D Matrix								Tools											KPIs			
ID	Year	ID	Loss type	Project name	Type/root causes	Line/Area	Project owner	5W / 1H	4M	5 Whys	5 T	Material classification	LOG CD	Line Stock management	QC Stages 1.2.3.4	LOG Step 3	ANDON	VSM	Inv. 1	Inv. 2	Inv. 3	LBR. 2
Projects identification																						

Figura 1.53 Esempio di *D Matrix* [Adattata da: CNHi, 2016]

E Matrix

La *E Matrix* permette una valutazione diretta costi/benefici, perché per ciascun intervento si confrontano i recuperi delle perdite su base annua coi costi necessari per realizzare il risparmio.

F Matrix

Infine, la *F Matrix* permette la pianificazione nel tempo dei progetti per seguirne l'avanzamento sia in termini operativi che in termini di risultati economici.

E Matrix						Tools																	
Area/Line/ Workstation	Root causes	Project name	Approach	Main pillar	Supporting pillar	5W / 1H	4M	5 Whys	5 T	Material classification	LOG CD	LOG Step 2	Line Stock management	QC Stages 1.2.3.4	LOG Step 3	FIFO	Separation OP/TR	Smooth flow	Leader	Member 1	Member 2	Starting date	Closing date

Projects with Target dates, Responsibility, investments & linkages

F Matrix																					
Project name	Loss Type	Area/line/workstation	Root causes	Project name	Approach	Main pillar	Supporting pillar	Starting date	Closing date	Project status	YTD Target	Kaizen Available	Cost	Benefit	Results	B/C	March_current	Apr_current	May_current	June_current	July_current

Projects follow-up (*savings*)

Figura 1.54 Esempio di *E Matrix* e *F Matrix* [Adattata da: CNHi, 2016].

CAPITOLO 2 – CNH Industrial

Nel presente capitolo verrà descritta l'azienda CNH Industrial (CNHi), presso la quale è stata svolta l'attività di tirocinio curriculare, con approfondimento su uno dei suoi stabilimenti, ovvero lo stabilimento di San Mauro, poiché rappresenta il *plant* in cui è stato eseguito il lavoro di tesi, che verrà esaminato nei capitoli successivi. Negli ultimi paragrafi di questo capitolo verranno descritti l'approccio al WCM da parte di CNHi e i risultati che l'applicazione della metodologia ha consentito di ottenere.

2.1 L'azienda

CNH Industrial è un gruppo italo-statunitense che nasce nel 2013, a seguito della fusione per incorporazione tra Fiat Industrial e CNH Global. Quest'ultima azienda, attiva a livello mondiale nel settore delle macchine agricole e movimento terra, era stata a sua volta costituita nel 1999 dalla fusione tra New Holland e Case Corporation. Fiat Industrial invece, attiva nei *capital goods*, ovvero il settore industriale dei beni di investimento, aveva iniziato ad operare nel 2011, dopo lo scorporo delle attività di Iveco, CNH e FPT Industrial da Fiat S.p.a.

Oggi CNH Industrial è un'azienda di tipo globale, leader mondiale nel settore dei *capital goods*, presente in 180 Paesi appartenenti alle *business regions* EMEA (Europe, Middle East, Africa), LATAM (Latin America), APAC (Asia Pacific) e NAFTA (USA, Canada e Messico). Conta quasi 63.000 dipendenti in 64 stabilimenti produttivi e in 49 centri di ricerca e sviluppo. Attraverso i suoi 12 marchi, elencati in Figura 2.1, progetta, produce e commercializza macchine per l'agricoltura, veicoli industriali e commerciali, autobus e mezzi speciali, motori, trasmissioni e propulsori.

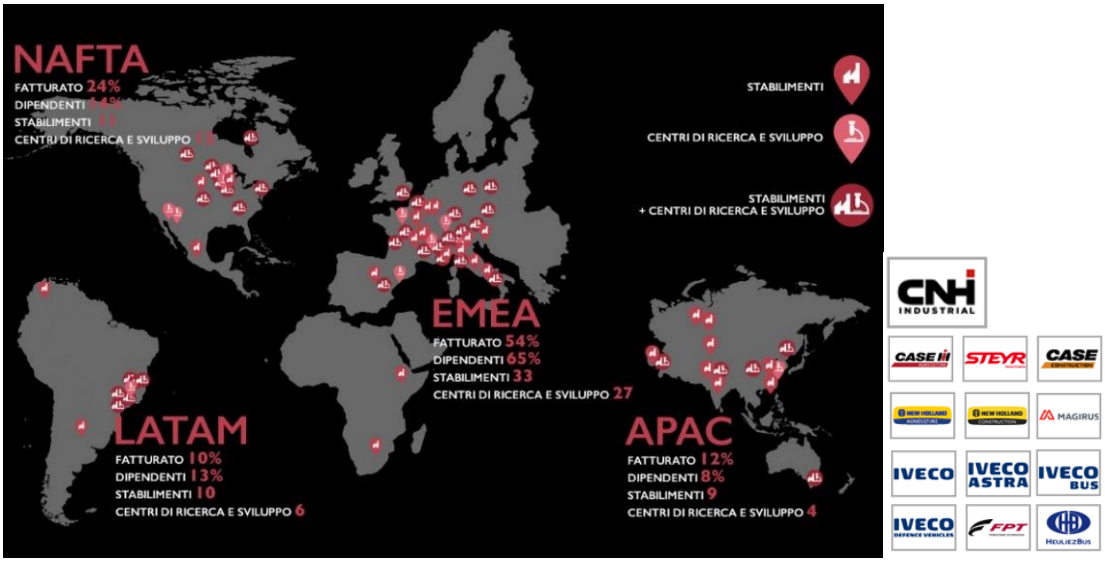


Figura 2.1 *Business regions* in cui CNHi è presente. Fonte: [6]

Mission di CNH Industrial è offrire le migliori soluzioni per il settore dei *capital goods* sulla base delle proprie eccellenti competenze, attraverso processi di innovazione e miglioramento continui, sfruttando la sua vasta portata sul mercato e la sua solida cultura aziendale. L'azienda ritiene che la crescita abbia valore solo se è sostenibile e, pertanto, considera fondamentale la gestione degli impatti ambientali e sociali delle proprie attività. In base a ciò che è riportato sull'aziendale "Annual Report" (CNH Industrial, Dicembre 2016), attualmente CNH Industrial opera nei seguenti segmenti di mercato:

- *Agricultural Equipment*. Progetta, produce e distribuisce macchine agricole e attrezzi, compresi trattori a due e a quattro ruote motrici, trattori cingolati, mietitrebbie, raccoglitrici di uva e canna da zucchero, attrezzature per fieni e foraggio, per semina, attrezzi per coltivazione del terreno e attrezzature per la movimentazione dei materiali. Le macchine agricole sono vendute con i marchi *New Holland Agriculture* e *Case IH Agriculture*, oltre al marchio *Steyr* in Europa.

Figura 2.2 Raccoglitrici *Case IH Agriculture*. Fonte [7]

- *Construction Equipment*. Progetta, produce e distribuisce una linea completa di attrezzature da costruzione tra cui escavatori, apripista (bulldozer) cingolati, livellatrici, pale gommate, terne, pale compatte, sollevatori telescopici. Le macchine movimento terra sono vendute con i marchi *New Holland Construction* e *Case Construction Equipment.*

Figura 2.3 Bulldozer cingolato *New Holland Construction*. Fonte [8]

- *Commercial Vehicles*. Progetta, produce e vende una gamma completa di veicoli leggeri, medi e pesanti per il trasporto e la distribuzione di merci, sotto il marchio *Iveco* per gli autobus da pendolari, *Iveco Bus* e *Heuliez Bus* per gli autobus da turismo. I veicoli speciali e per attività minerarie sono venduti con il marchio *Iveco Astra*, i veicoli antincendio sono sotto il marchio *Magirus* e, infine, *Iveco Defence Vehicle* per i veicoli per la difesa civile.

Figura 2.4 Veicoli per attività minerarie (sinistra) e veicoli speciali (destra) *Iveco Astra*. Fonte [9]

- *Powertrain.* Progetta, produce e offre una gamma di sistemi di propulsione e trasmissioni per applicazioni veicolari su strada e fuoristrada, motori per applicazioni marine e *power generation*, cioè motori che servono per la generazione di energia.

Figura 2.5 Motore *FPT Powertrain Technologies* per la fornitura di energia. Fonte [10]

Gli stabilimenti CNH Industrial sono elencati in Tabella 2.1:

Location	Primary Functions	Approximate Covered Area (Sqm/000)
Italy		
S. Mauro	Excavators; R&D center	57
Modena	Components (Agricultural Equipment and Construction Equipment)	102
S. Matteo	R&D center (Agricultural Equipment)	51
Jesi	Tractors	77
Lecce	Wheel loaders, compact track loaders, telehandlers; graders; R&D center	130
Piacenza	Quarry and construction vehicles; R&D center	64
Brescia	Medium vehicles, cabs, chassis; R&D center	276
Suzzara	Light vehicles; R&D center	170
Brescia	Firefighting vehicles; R&D center	28
Bolzano	Defense vehicles; R&D center	83
Pregnana Milanese	Engines	31
Torino	R&D center (Commercial Vehicles)	100
Torino	R&D center (Powertrain)	28
Torino	Engines	142
Torino	Transmissions and axles	239
Foggia	Engines; drive shafts	151
United States		
New Holland	Hay & Forage; R&D center	104
Grand Island	Tractors and combines	128
Benson	Sprayers, cotton pickers; R&D center	41
Burlington	Backhoe loaders, forklift trucks; R&D center	91
Fargo	Tractors, wheeled loaders; R&D center	88
Goodfield	Soil management equipment; R&D center	39
Racine	Tractors, transmissions	105
Mt. Joy	R&D center (Agricultural Equipment)	11
Wichita	Skid steer loaders; R&D center	46
Burr Ridge (Hinsdale)	R&D center (Agricultural Equipment, Construction Equipment and Diesel engines)	43
St. Nazianz	Self-propelled sprayers	24
China		
Harbin	Combines, tractors, balers; R&D center	250
Chongqing	Engine; R&D centers	76
Foshan	Sugar cane harvesters	11
Urumqi	Cotton pickers	11
Argentina		
Cordoba	Engines	20
Ferreira	(Medium/Heavy) Trucks and buses	44
Cordoba	Agricultural Equipment, tractors and combines	30
Belgium		
Antwerp	Components (Agricultural Equipment)	79
Zedelgem	Combines, forage harvesters and balers; R&D center	159
Spain		
Madrid	Heavy vehicles; R&D center	134
Valladolid	Light vehicles, heavy cab components	74
India		
Pithampur	Backhoe loaders, earth compactors	29
Noida	Tractors; R&D center	82
Others		
Basildon (U.K.)	Tractors; R&D center	129
Plock (Poland)	Combines, balers and headers; R&D center	109
Saskatoon (Canada)	Sprayers, seeders; R&D center	61
Dandenong (Australia)	Trucks; R&D center	42
St.Valentin (Austria)	Tractors; R&D center	56
Vysoke Myto (Czech Republic)	Buses; R&D center	124
Queretaro (Mexico)	Components (Agricultural Equipment and Construction Equipment)	15
Naberezhnye Chelny (Russia)	Tractors and combines	50
La Victoria (Venezuela)	Assembly of light and heavy vehicles and buses	56
Rosslyn (South Africa)	Trucks and buses	55
Arbon (Switzerland)	R&D center (Powertrain)	6

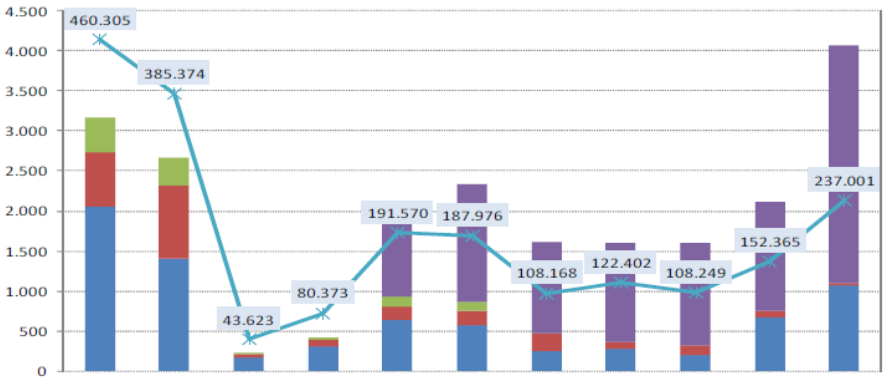
France		
Coex	Grape Harvesters; R&D center	26
Croix	Cabins (Agricultural Equipment)	12
Tracy-Le-Mont	Hydraulic cylinders (Agricultural Equipment and Construction Equipment)	16
Annonay	Buses; R&D center	137
Venissieux	R&D center (Commercial Vehicles)	11
Rorthais	Buses; R&D center	29
Fourchambault	Engines (remanufacturing)	22
Bourbon Lancy	Engines; R&D center	102
Fecamp	Engines (power generation units)	25
Brazil		
Belo Horizonte	Crawler excavators, crawler dozers, wheel loaders, graders, backhoe loaders; R&D center	70
Curitiba	Combines and tractors; R&D center	103
Piracicaba	Sugar cane harvesters; R&D center	12
Sorocaba	Crawler loaders, backhoe loaders, excavators, Agricultural Equipment; R&D center	160
Sete Lagoas	Heavy, medium and light vehicles; R&D center	100
Sete Lagoas	Defense vehicles	19
Sete Lagoas	Engines; R&D center	14
Germany		
Ulm	Firefighting vehicles; R&D center	35
Ulm	R&D center (Commercial Vehicles)	144

Tabella 2.1 Stabilimenti CNH Industrial [Fonte: CNHi, 2016]

2.1.1 Lo stabilimento di San Mauro

Lo stabilimento di San Mauro (San Mauro Torinese, TO) nasce nel 1986, con la produzione di maxi escavatori gommati e cingolati sotto il brand Fiat-Hitachi. Nel 2002 il rapporto commerciale fra Fiat e Hitachi si rompe, e Fiat apre un nuovo accordo con Kobelco che porterà poi alla nascita di CNH Global. Nel 2005 lo stabilimento inizia ad occuparsi della produzione di escavatori sotto i marchi CASE Construction e New Holland Construction, introducendo una gamma di escavatori gommati per lavorare in spazi più ristretti. Con la crisi del 2009, il settore delle macchine movimento terra ha subìto un forte calo: mentre il 2008 aveva registrato 230 mila unità vendute, era passato a circa 85 mila nel 2009. La crisi del comparto ha avuto un forte impatto sullo stabilimento, con un drastico calo delle vendite di circa -91,5% nel 2009 rispetto all'anno precedente, come si può notare in Figura 2.6. Nel 2011 il mercato degli escavatori ha iniziato a riprendersi e la fabbrica di San Mauro ha incrementato le vendite rispetto all'anno 2010: i mezzi cingolati prodotti sono passati da 312 a 810, quelli gommati da 92 a 270, i cosiddetti midi escavatori da 36 a 100 e una nuova linea di prodotti è stata inserita, quella dei mini escavatori (ereditati dalla chiusura della CNH di Imola), registrando vendite di 1300 unità. Grazie al significativo incremento del lavoro, i

dipendenti CNH Industrial di San Mauro sono rientrati a lavorare, dopo dieci anni di ammortizzatori sociali.



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Fcst3	SBP
Crawler Excavators	2.049	1.397	165	308	646	570	254	284	192	674	1.070
Wheeled Excavators	684	922	47	77	157	179	217	84	129	79	27
Midi Wheeled Excavators	436	347	14	33	125	113					
Mini Excavators					944	1.471	1.134	1.230	1.278	1.364	2.967
TOTAL OKTS	**3.169**	**2.666**	**226**	**418**	**1.872**	**2.333**	**1.605**	**1.598**	**1.599**	**2.117**	**4.064**
Std Hrs	460.305	385.374	43.623	80.373	191.570	187.976	108.168	122.402	108.249	152.365	237.001

Figura 2.6 Trend dei volumi di produzione del *plant* San Mauro dal 2007 ad oggi [Fonte: CNHi, 2017]

Nel 2015 lo stabilimento di San Mauro ha allargato il suo portafoglio di prodotti producendo nuovi modelli di escavatori cingolati progettati dai giapponesi della Sumitomo.

Nel 2016 CNH Industrial ha avviato un'operazione di *co-development* con il colosso sudcoreano Hyundai Heavy Industries per la produzione e lo sviluppo dei mini escavatori e lo stabilimento di San Mauro è stato scelto come *hub* del Gruppo per questo tipo di produzioni (Blandford, 2017).

Oggi lo stabilimento occupa una superficie di 121.000 m^2 destinati alla produzione su un'area totale di 202.000 m^2, impiega circa 600 lavoratori e presenta un fatturato di circa € 101.500.000,00.

Figura 2.7 San Mauro Torinese *plant* [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Ad oggi, lo stabilimento offre diversi tipi di escavatori e presenta una linea di produzione dedicata alla realizzazione di cilindri destinati al *plant* CNH Industrial di Lecce. Le linee di produzione dello stabilimento realizzano prodotti destinati a vari mercati nelle regioni EMEA (che rappresenta il mercato principale), Asia e Pacifico, Nord America e America Latina. I clienti dello stabilimento di San Mauro sono rappresentati da *dealer* che vendono poi il prodotto finito al consumatore finale, e tra i principali vi sono CNH Industrial Store in Germania, HTM Maschinen in Italia, Warwick Ward Ltd in Regno Unito. Per quanto riguarda le forniture, i principali fornitori dello stabilimento di San Mauro sono Hyundai Construction Equipment per l'approvvigionamento di cabine, motori e altri componenti per mini escavatori e Sumitomo (S.H.I) Construction Machinery per la fornitura di componenti per gli escavatori cingolati.

Descrizione del prodotto

Gli escavatori appartengono alla categoria delle "macchine movimento terra" che, come indicato dalla UNI EN ISO 6165:2006, sono macchine destinate ad eseguire operazioni di scavo, carico, trasporto, spargimento e compattamento di terra e di altri materiali, per esempio durante lavori su strade, dighe, canalizzazioni e cantieri di costruzione. In base al grado di mobilità e alla capacità di carico che la macchina deve possedere, un escavatore può essere:

- *gommato*, cioè dotato di ruote con pneumatici, se l'escavatore deve avere una buona velocità di spostamento e una capacità di carico limitata;
- *cingolato*, per i casi in cui c'è necessità di maggiore carico nel terreno *in situ*, a scapito della velocità di spostamento;

- *montato su pattini*, cioè su strutture metalliche orizzontali a contatto con il terreno movimentate da pistoni idraulici;
- *ad appoggi articolati*, ovvero con piedi e staffe articolate che permettono all'escavatore di posizionarsi in maniera ottimale su terreni molto inclinati.

In Figura 2.8 sono mostrati i componenti che costituiscono un escavatore. I principali elementi costituenti sono tre:

1. *Telaio*

   È la struttura inferiore della macchina (chiamata anche *lower frame o track roller frame*), in cui sono posizionati gli organi che permettono il movimento dell'escavatore sul terreno. Fornisce stabilità durante le varie fasi lavorative e permette all'escavatore un movimento di traslazione, attraverso le ruote o i cingoli. Nel caso specifico di escavatori gommati, al telaio è montata una lama per le operazioni di rinterro o di spianamento del terreno. I mini escavatori cingolati presentano una piccola lama che ha la funzione di stabilizzatore o di spostamento di materiale.

2. *Torretta*

   È la struttura superiore della macchina (chiamata anche *upper frame* o *main frame*), collegata al telaio tramite una ralla che ne permette la rotazione di 360° rispetto al corpo base. Nella parte posteriore della torretta è presente un contrappeso che bilancia lo sforzo esercitato dal braccio durante le fasi di lavoro. Sulla torretta viene installato il motore e la postazione di guida e comando dell'utensile lavoratore, la quale può essere protetta da una cabina.

3. *Braccio escavatore*

   La torretta supporta il braccio escavatore, il quale è formato da una parte direttamente connessa alla torretta rotante, chiamata braccio di sollevamento del tipo monoblocco (chiamato anche *excavator boom*) oppure articolato (composto da primo e secondo braccio), e da un braccio di scavo (chiamato anche *excavator arm* o *excavator stick*), movimentato da cilindri (o pistoni) idraulici. All'estremità del braccio di scavo è montato l'utensile lavoratore, come ad esempio la benna. Il movimento garantito dalla geometria del braccio è un parametro prestazionale molto

importante che influenza la capacità di scavo della macchina in termini di profondità e distanza.

Gli escavatori possono essere distinti in base al peso, alla potenza idraulica e del motore, alle caratteristiche geometriche del braccio e alla capacità di lavoro della benna di scavo.

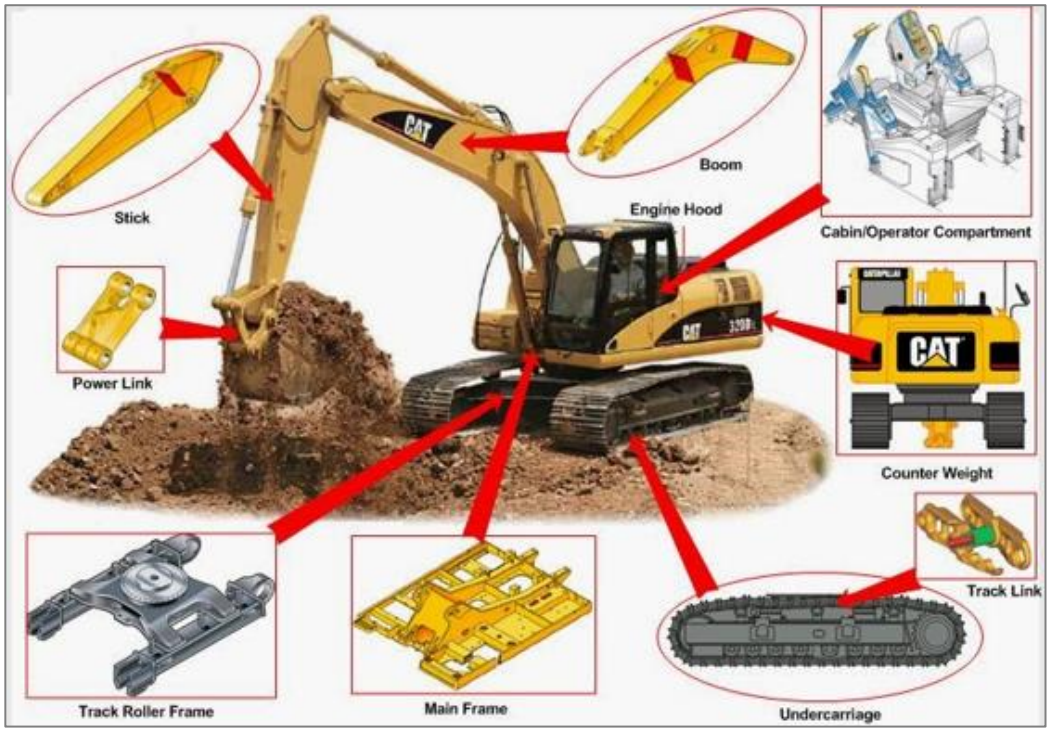


Figura 2.8 Elementi costituenti un escavatore. Fonte [11]

Un escavatore può essere impiegato in diversi contesti produttivi sostituendo l'utensile lavoratore montato sul braccio. Infatti, se al posto della benna sono montate speciali attrezzature, la macchina può essere adoperata per diversi usi:

- con la cesoia idraulica/martellone, per lavori di demolizione;
- con il ragno, per la movimentazione di rottami;
- con la pinza, per la movimentazione di traversine e rotaie;
- con il gancio da apparecchio di sollevamento, per il sollevamento di materiali.

L'escavatore, attrezzato con cesoie o martellone, utilizzato per lavori di demolizione deve avere la cabina protettiva.

I tipi di escavatori realizzati dallo stabilimento San Mauro variano in base alla mobilità della macchina, al peso, e al brand. In particolare, il *plant* offre:

- Escavatori cingolati (CHEX, peso da 13,4 ton a 48 ton): per grandi prestazioni di scavo e sollevamento.
- Escavatori gommati (WHEX, peso da 12 ton a 21 ton): per applicazioni urbane e residenziali impegnative e per l'infrastruttura.
- Midi escavatori gommati (MWHEX, peso da 9 ton a 12 ton): per lavorare in cantieri urbani e stradali più ristretti
- Mini escavatori (MHEX, peso da 1,6 ton a 6 ton): per la progettazione di giardini, sistemi di irrigazioni e reti fognarie, recinzioni, costruzioni temporanee, lavori su strutture, installazione di supporti per le colture e attività edili in generale.

In Figura 2.9 è mostrato il portafoglio dei prodotti sopra descritti, offerti dallo stabilimento San Mauro sotto i marchi CASE Construction e New Holland Construction. Il prodotto finito che esce dallo stabilimento non possiede l'utensile lavoratore sul braccio, l'assemblaggio di quest'ultimo componente alla macchina è un'attività che viene svolta da parte di terzi fuori dallo stabilimento.

Figura 2.9 Portafoglio di prodotti del *plant* San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Il processo produttivo

In questo paragrafo verrà fornita una descrizione del flusso produttivo che riguarda il prodotto che viene realizzato nello stabilimento di San Mauro. Nel Capitolo 3 verrà approfondito il processo produttivo dei quattro elementi costituenti del mini escavatore, con particolare attenzione rivolta alle fasi di carpenteria e verniciatura, essendo oggetto del lavoro di tesi. Il processo produttivo che verrà di seguito descritto riguarda i diversi modelli di mini escavatore realizzati nel plant San Mauro, ovvero: mini escavatori da 1.7, 1.8, 2.6, 3.3 e 3.7 tonnellate, sotto i brand New Holland Construction e CASE Construction.

Come si può vedere nella Figura 2.10, lo stabilimento di San Mauro è costituito da due grandi aree, una dedicata alla realizzazione di torrette e telai (*Building 1*), la seconda è dedicata alla produzione di *excavator arm* ed *excavator boom* del braccio escavatore (*Building 2*), qui si trova anche l'area di produzione dedicata alla realizzazione di cilindri.

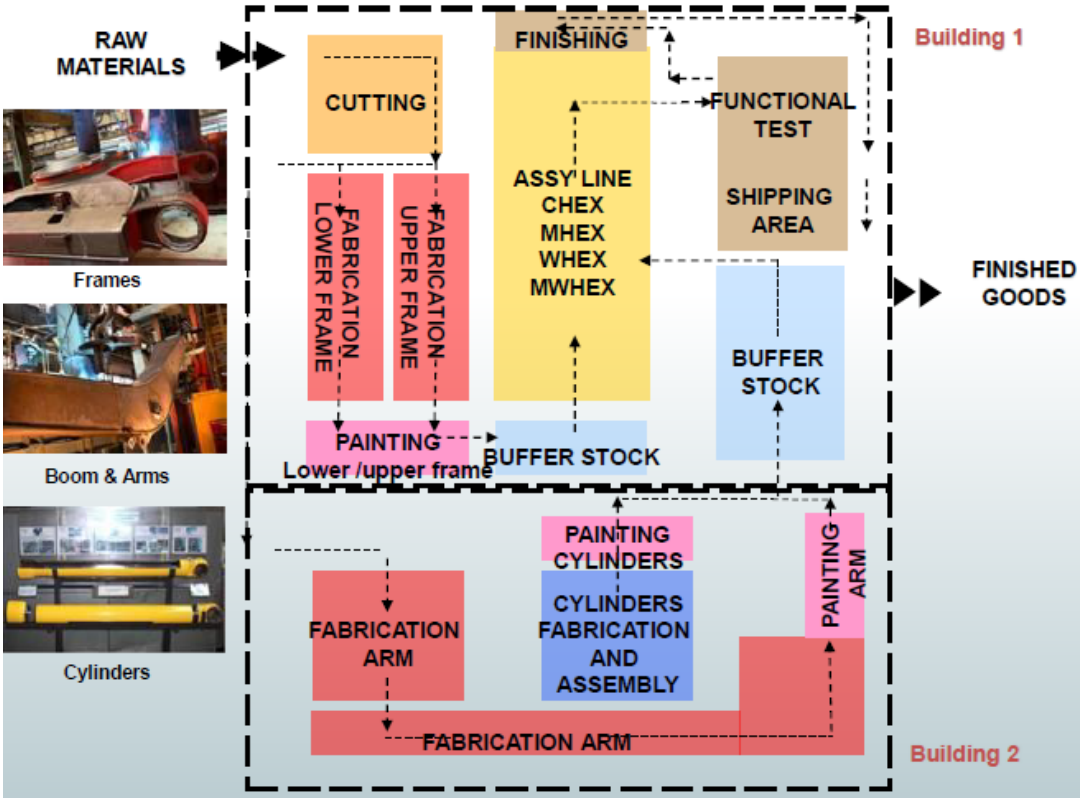


Figura 2.10 Il processo produttivo [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Il processo di trasformazione inizia dall'attività di *cutting*: l'acciaio arriva in officina sotto forma di fogli (Figura 2.11), e viene lavorato in macchine CNC di taglio lamiera ad alta precisione che consentono la realizzazione dei corpi.

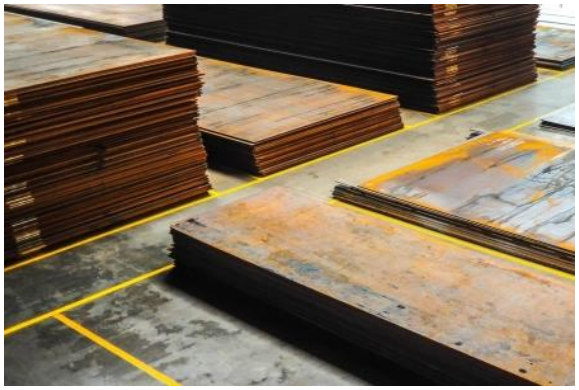


Figura 2.11 Fogli di acciaio che vengono sottoposti all'attività di *cutting*. Fonte [12]

In seguito, i pezzi grezzi realizzati vengono sottoposti ad attività di smussatura per evitare spigoli taglienti e fragili e per arrotondare intagli acuti che possano provocare inizi di rotture.

Nella fase di *Fabrication* (carpenteria), si assiste alle attività di assiematura e saldatura: le piastre vengono prima riposte su piani per l'attività di saldatura robotizzata (Figura 2.12), e dopo su dei piani per la saldatura manuale (Figura 2.13) e, con attrezzature speciali per puntatura e saldatura, vengono assemblate ai componenti. Su ogni telaio vengono montati due longheroni (*body-on-frame*), connessi da vari elementi trasversali che serviranno a fornire resistenza alle forze laterali; sui longheroni verranno poi montati i cingoli degli escavatori cingolati.

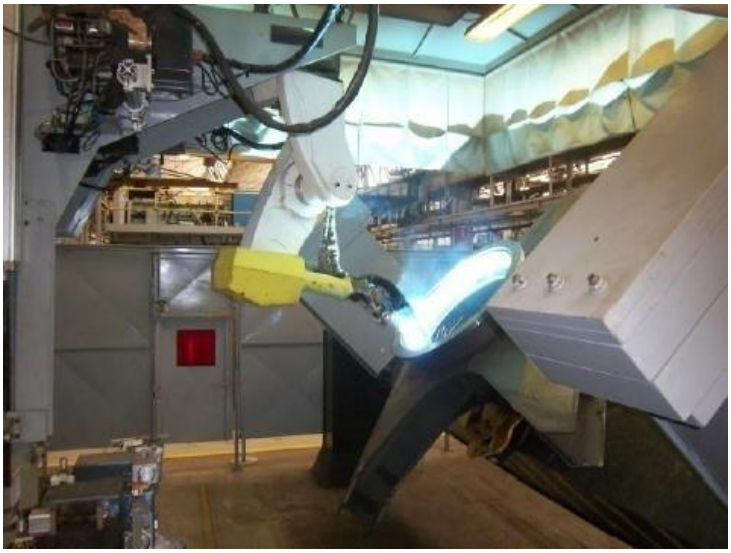


Figura 2.12 Robot per la saldatura di telai e torrette presso lo stabilimento San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

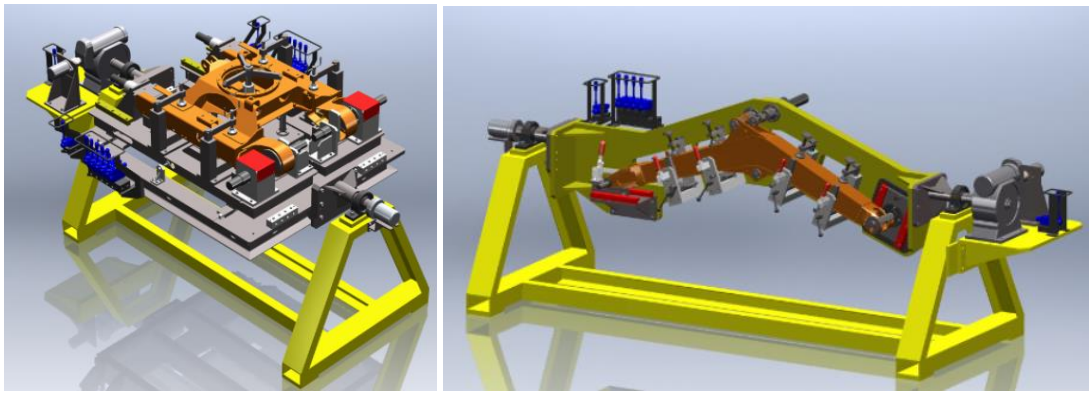


Figura 2.13 Attrezzatura di saldatura manuale telaio inferiore mini escavatori (sinistra) e braccio *boom* (destra). Fonte [13]

Telai, torrette, bracci di sollevamento e di scavo passano all'ultima fase dell'attività di carpenteria, che è rappresentata dalla *lavorazione meccanica di precisione*. Ogni componente costitutivo dell'escavatore viene sottoposto all' attività di sgrossatura, durante la quale grazie a frese ad alta precisione, vengono tolte dalle superfici le parti superflue rilasciate dalle attività di carpenteria precedenti, e preparato alle lavorazioni di finitura; a questo punto si passa alla fase di alesatura, realizzata da macchine CNC e personale altamente qualificato, durante la quale si corregge l'assialità dei componenti e il diametro dei fori, realizzati precedentemente manualmente con trapano.

Figura 2.14 Macchine per la lavorazione meccanica di precisione presso il plant San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

L'ultima fase della lavorazione meccanica di precisione è rappresentata dall'attività di *finitura*, che consente di eliminare le irregolarità dalla superficie dei pezzi lavorati. Viene eseguita su macchine speciali per la pulitura di superfici metalliche.
Un esempio di output delle attività appena descritte è mostrato in Figura 2.15. A questo punti gli elementi sono pronti per passare alla fase di *verniciatura*.

Figura 2.15 Bracci pronti per la fase di verniciatura. Fonte [14]

Il ciclo di verniciatura, attuato sui componenti realizzati presso lo stabilimento di San Mauro, prevede le seguenti fasi:

1. Carico
2. Granigliatura
3. Soffiatura
4. Siliconatura
5. Applicazione di primer
6. Essiccazione in forno a tunnel
7. Finitura con vernice a polvere
8. Cottura in forno a tunnel
9. Scarico

La linea di verniciatura è completamente automatizzata, fatta eccezione per le attività di carico e scarico dei componenti dalle bilancelle e le attività di rifinitura con primer e vernice, che vengono svolte da addetti specializzati. Non esistono buffer intermedi ai quali poter attingere per alimentare la fase di montaggio finale in caso di disfunzione

dell'intero impianto di verniciatura, dunque risulta che l'attività di verniciatura rappresenta un'operazione critica per l'intero processo produttivo; all'impianto sono dunque richieste elevate prestazioni di continuo lavoro e alta affidabilità.
Innanzitutto, gli addetti iniziano a mascherare, con tappi di silicone e plastica, le parti dei componenti che non devono essere verniciati (ad esempio i fori), per motivi legati alla fase successiva di assemblaggio produttivo. Dopo aver dato a tutti i componenti una protezione efficiente, questi vengono caricati su bilancelle posizionate su un convogliatore aereo che attraversa l'intera stazione di verniciatura (Figura 2.16).

Figura 2.16 Fase di carico di un telaio sulle bilancelle presso lo stabilimento di San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Si inizia dunque con l'attività di granigliatura: la granigliatrice, grazie alla forza centrifuga, proietta delle particelle (dette "graniglia"), sulla superficie dei componenti generando una lavorazione superficiale di pulitura, irruvidimento e indurimento. Dopo si passa alla fase di soffiatura: al fine di rimuovere la graniglia, il sistema di soffiatura permette di soffiare ad alta pressione e pulire in automatico dalle polveri, per preparare il componente ad essere verniciato. Prima di passare alla fase effettiva di verniciatura, viene svolta manualmente l'attività di siliconatura: consiste in una tipologia di protezione utilizzata contro gli agenti atmosferici, e rappresenta un sistema per coprire piccoli difetti sul particolare da verniciare.

A questo punto si passa all'applicazione del primer (Figura 2.17): il primer, o aggrappante, è un materiale liquido che fa da "base" agli strati successivi di vernice; ha la funzione di ancorarsi bene sul pezzo, cioè prepara l'acciaio alla verniciatura, dato che il metallo con la sua struttura molecolare non permette alla vernice di attaccarsi bene. Inoltre, l'applicazione dei primer impedisce l'ossidazione del componente. A fine attività c'è una fase di ritocco svolta manualmente dagli operatori che applicano il primer mediante spruzzatura manuale.

Figura 2.17 Robot per applicazione del primer su un telaio presso lo stabilimento di San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

A questo punto il pezzo viene fatto essiccare in un forno a tunnel, a 60°C – 80°C per 40 – 30 minuti, per evitare che il primer appena spruzzato possa staccarsi dalla superficie. Uscito dal forno, il pezzo in lavorazione viene ricoperto di polvere verniciante a base di resine sintetiche. Anche qui, alla fine della fase automatizzata di verniciatura, vi è una fase di ritocco svolta manualmente dagli operatori.

Infine, il pezzo verniciato entra in un forno di cottura a tunnel, che assicura la gelificazione delle polveri. Qui, a causa della temperatura (60°C – 80 °C), la vernice prima fonde e poi polimerizza donando uno strato aderente. Terminata la cottura in forno, il pezzo viene scaricato dalle bilancelle, demascherato e disposto per la successiva fase di assemblaggio finale.

Il processo di assemblaggio finale è costituito da:

- Linea di assemblaggio dell'escavatore cingolato (Figura 2.18), con 25 stazioni di montaggio (massimo output: 10 unità/turno, su un turno di 8 ore lavorative);
- Linea di assemblaggio del mini escavatore, con 9 stazioni di montaggio (massimo output: 10 unità/turno, su un turno di 8 ore lavorative);
- Linea di assemblaggio dell'escavatore gommato, con 3 stazioni di montaggio (massimo output: 1 unità/turno, su un turno di 8 ore lavorative);
- Linea di assemblaggio del midi escavatore, con 2 stazioni di montaggio (massimo output: 1 unità/turno, su un turno di 8 ore lavorative).

Figura 2.18 Linea di assemblaggio finale dell'escavatore cingolato presso il *plant* San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Alle diverse stazioni di assemblaggio, oltre ad arrivare i componenti realizzati internamente (*make)*, vengono consegnate le forniture che servono alla realizzazione del prodotto finale, come raccorderia idraulica, cabine, motori, filtri per il gasolio, serbatori, cinghie di trasmissione e altri componenti finiti acquistati da fornitori (*buy*).

L'attività di assemblaggio inizia dal telaio, sul quale viene montata la raccorderia idraulica, la lama per le attività di spianamento e la ralla che servirà per l'accoppiamento tra il telaio e la torretta. A questo punto viene montata la torretta e tutti gli accessori che essa ospita, come radiatore, motore, di rotazione, motore termico, staffe per il posto guida, batteria, sedile, cabina. A questo punto il corpo dell'escavatore è pronto per il

montaggio del braccio escavatore. Prima viene montato il braccio di sollevamento, che è direttamente collegato alla torretta e dopo, attraverso opportuni cilindri, viene montato il braccio di scavo. Ultime attività sono il rifornimento di olio idraulico, olio motore e gasolio (Figura 2.19).

Figura 2.19 Escavatore cingolato in fase di montaggio finale presso il *plant* San Mauro [Fonte: FIAT Industrial, 2012]

Finita la fase di montaggio finale il prodotto passa da uno stato *in-line* ad *off-line*: un prodotto si trova nello stato *in-line* (letteralmente "in linea", intendendo la linea di produzione), dall'inizio del processo produttivo fino al termine dell'attività di montaggio finale, da qui passa allo stato di *off-line* (letteralmente "fuori dalla linea"), per indicare che le attività di trasformazione sul prodotto sono terminate. A questo punto il prodotto finito viene destinato all'area di *Testing*.

Secondo quanto stabilito dal Ministero della Difesa sulle norme di collaudo degli armamenti terresti, l'escavatore, completo di attrezzature da lavoro, accessori e dotazioni a corredo viene sottoposto a controlli visivi e verifica delle caratteristiche pondero-dimensionali, prove di efficienza funzionale, prove di efficacia (Ministero della Difesa, 2011). Ciò vuol dire che il prodotto viene sottoposto a controlli visivi per verificare che le caratteristiche rispettino tutti i requisiti qualitativi; successivamente vengono eseguite delle prove pratiche di avviamento e di funzionamento su terreno che dovranno dimostrare l'idoneità della macchina all'impiego specifico; infine, il mezzo

viene anche sottoposto a prove di efficacia utilizzando la massima potenza del motore, eseguendo prove di manovrabilità e mobilità. Superato il collaudo, il prodotto finito passa alla fase di *Finishing*, durante la quale l'escavatore viene preparato per la consegna al cliente.

Il prodotto finito su cui è stata completata la fase di *Finishing* passa dallo stato *off-line* allo stato *okay to ship* (OKTS, letteralmente "va bene per la spedizione", indica che il prodotto è pronto per essere spedito al cliente). Tutti i prodotti finiti che si trovano nello stato OKTS, vengono posizionati nel "piazzale" (*shipping area*), in attesa di essere inviati al cliente.

2.2 L'approccio di CNH Industrial al WCM

La prima applicazione in Italia della metodologia WCM risale al 2005, quando FCA decide due stabilimenti pilota, Melfi in Italia e Tychy in Polonia, in cui applicare il WCM. I risultati si vedono in fretta e nel 2007 il WCM viene esteso su tutti gli stabilimenti del Gruppo e dunque anche su CNH Industrial.

In CNH Industrial il WCM è applicato in tutti gli stabilimenti, attraversando i confini aziendali e, nel tentativo di mantenere elevati standard di eccellenza nei suoi sistemi di produzione, tutti i livelli organizzativi dimostrano forte impegno e continua interazione.

In CNH Industrial le iniziative di miglioramento sono guidate dal pilastro *Cost Deployment*, che valuta e certifica i risultati ottenuti monitorando specifici indicatori di performance, rappresentati da *Efficiency* ed *Effectiveness*, che misurano il livello di utilizzo delle risorse in uno stabilimento. Il primo indicatore è una variabile tecnologica e si riferisce alle risorse dirette utilizzate in un processo: il livello di *efficiency* di un processo produttivo è preferibile ad un altro se è in grado di produrre lo stesso livello di output con minore quantità di input. Il secondo indicatore è una variabile organizzativa e si riferisce alle risorse indirette utilizzate in un processo: il livello di *effectiveness* di un processo produttivo è preferibile ad un altro se è in grado di realizzare un livello maggiore di output con la stessa quantità di input (Figura 2.20):

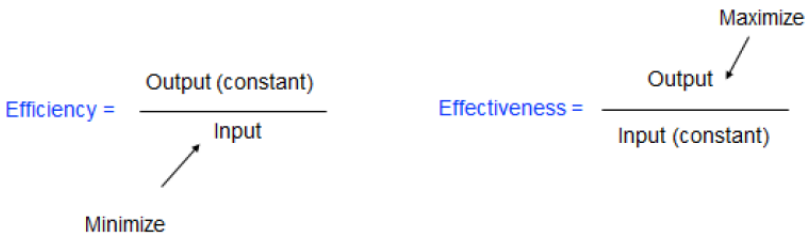


Figura 2.20 *Efficiency* ed *Effectiveness* [Fonte: CNHi, 2014]

L'uso diffuso dei princìpi del WCM in tutti gli stabilimenti CNH Industrial consente all'intera azienda di condividere una cultura comune basata su processi efficienti e su un linguaggio universalmente riconosciuto in tutti gli stabilimenti e Paesi in cui opera CNH Industrial. Ciò fa sì che tutti gli stabilimenti utilizzino lo stesso modello di miglioramento.

Oggi CNH Industrial ha raggiunto importanti traguardi in campo WCM (CNHi, 2018):

- 26 medaglie *Bronze level*
- 16 medaglie *Silver level*
- 1 medaglia *Gold level*

La medaglia d'oro è stata ottenuta dallo stabilimento Iveco di Madrid ad Aprile 2017.

Nel 2007 è stato creato a livello organizzativo il WCM Central Team, per far in modo che tutte le fabbriche siano allineate sulla metodologia: ogni *business region* ha il proprio WCM Central Team, il quale ha il compito di coordinare le attività WCM all'interno degli stabilimenti, gestire le pratiche di condivisione all'interno dell'organizzazione e diffondere i benefici e i suggerimenti del WCM in tutti i *plant* (FCA Group, 2005). Tutte le responsabilità del WCM Central Team sono state definite durante le lezioni che il Prof. Yamashina ha organizzato presso il Gruppo nei primi anni dell'adozione della metodologia WCM da parte di CNH Industrial. Secondo la documentazione interna aziendale, rilasciata dal Prof. Yamashina, il WCM Central Team rappresenta, all'interno di CNH Industrial, l'ente organizzativo responsabile della corretta implementazione della metodologia WCM all'interno degli stabilimenti.

Per quanto riguarda la diffusione e la corretta applicazione degli strumenti WCM, i membri del WCM Central Team danno continuo supporto ai responsabili dei vari *plant* fornendo loro le linee guida per la giusta implementazione dei vari strumenti e valutandone l'attuazione. I membri del WCM Central team si occupano anche di

raccogliere le *best practices* degli stabilimenti riguardo l'uso degli strumenti e di condividerle con tutti gli stabilimenti CNH Industrial a livello globale, in quanto un metodo che porta miglioramenti in termini di efficienza viene riconosciuto come linea guida da replicare in situazioni simili.

Una parte delle attività del WCM Central Team è dedicata al sistema di *auditing* descritto nel Capitolo 1. In particolare, il team si occupa della programmazione di sessioni di *preaudit*, durante le quali i membri del WCM Central Team forniscono supporto ai diversi *pillar leader* degli stabilimenti al fine di ottenere un'adeguata preparazione per l'audit che il *plant* dovrà sostenere. Successivamente il WCM Central Team si occupa di raccogliere e rendere disponibili i risultati degli *audit* a tutti gli stabilimenti, in modo che questi possano controllare i feedback che gli *auditor* hanno dato al *plant* esaminato. Il sistema di *auditing* di CNH Industrial è strutturato in modo che i diversi *plant* possono partecipare agli *audit* degli altri stabilimenti, al fine di poter osservare i vari criteri adoperati dagli *auditor* nell'assegnazione degli *scores* ai vari pilastri WCM. Ciascun *plant* CNH Industrial è sottoposto ad un audit WCM una o due volte ogni anno.

Oltre a comunicare i feedback, il WCM Central Team si occupa di tenere sempre aggiornata la *rout map* dello stato di avanzamento del WCM all'interno degli stabilimenti. In questo modo chiunque può consultare la situazione generale di tutto il Gruppo, confrontando i progressi dei vari stabilimenti.

Secondo Il WCM Central Team si occupa anche di svolgere attività di *benchmarking*, sia interno che esterno; durante l'anno il team organizza degli incontri tra i vari *pillar leader* di stabilimento presso i *plant* che hanno raggiunto *scores* importanti negli *audit* sostenuti, in modo tale che i vari stabilimenti possano prendere come esempio da applicare, per migliorare la propria performance, le azioni già implementate nel *plant benchmark* che si sta visitando. Queste attività sono anche previste all'esterno dell'organizzazione, presso stabilimenti di aziende che fanno parte della *World Class Manufacturing Association*.

Un'altra importante attività che si svolge in CNH Industrial, al fine di promuovere sempre di più la politica della condivisione, è rappresentata dal *WCM Meeting*. Ogni mese vengono tenuti dei meeting, generalmente tramite teleconferenze, a rotazione su ogni specifico pilastro tecnico, che coinvolgono il Central Knowledge Expert del

pilastro che si sta trattando e tutti i pillar leader dei vari *plant*. Nel corso del meeting viene data una spiegazione generale del pilastro e dei vari step del rispettivo percorso di implementazione, si espongono i criteri necessari per raggiungere i vari *scores* e gli indicatori di performance importanti da monitorare. In seguito, l'attenzione va ai diversi *plant*: i pillar leader descrivono, a turno, le condizioni correnti degli stabilimenti, le *best practices* realizzate e i feedback ricevuto dagli auditor nell'ultimo audit sostenuto.

Alla fine di ogni meeting i partecipanti ne valutano l'efficacia, in modo tale che il WCM Central Team possa eventualmente attuare modifiche, sempre sotto l'ottica del miglioramento continuo.

Un aspetto importante del sistema WCM in CNH Industrial è rappresentato dall'abilità di riuscire a motivare le persone a contribuire direttamente al raggiungimento di una competitività *World-Class* tramite un sistema di raccolta di suggerimenti: le persone sono coinvolte nei progetti *Kaizen* e ciò consente loro di acquisire e sviluppare competenze che da implicite diventano esplicite, condivise poi tra i *plant* e incorporate in nuovi modi di lavorare.

Il WCM viene implementato anche all'esterno di CNH Industrial: da un lato, consente all'azienda di soddisfare le esigenze dei propri clienti con la massima flessibilità ed efficacia; dall'altro, condividendolo con i fornitori, consente all'azienda di garantire un'elevata qualità del prodotto e l'efficienza dei processi. Infatti, presso gli stabilimenti dei fornitori, CNH Industrial realizza diverse sessioni di formazione guidate dagli specialisti del programma WCM; inoltre, i team WCM dei fornitori hanno l'opportunità di visitare gli stabilimenti CNH Industrial per conoscere le migliori pratiche dell'azienda.

2.2.1 Risultati

A questo punto è possibile spiegare quali risultati ha ottenuto CNH Industrial grazie all'applicazione della metodologia WCM anche se, in generale, sono conclusioni a cui potrebbe arrivare qualunque società che aderisce al programma in oggetto.
I vantaggi principali che è possibile evidenziare sono rappresentati dallo sviluppo della forza del Gruppo, nel senso di entità e comunità, e dall'aumento delle performance dei vari stabilimenti.
Per quanto riguarda il primo aspetto, l'applicazione del WCM ha permesso e continua a permettere ad ogni *plant* CNH Industrial di ottenere il massimo rendimento, in termini di efficacia ed efficienza, dalle relazioni tra i diversi stabilimenti: la condivisione delle pratiche e dei lavori svolti consente di organizzare le attività da svolgere evitando di commettere errori già compiuti, e quindi di risparmiare tempo e risorse. Inoltre, per organizzazioni multinazionali come CNH Industrial, con stabilimenti sparsi in tutto il mondo, la presenza di una terminologia comune rende più semplice lo scambio di informazioni tra i diversi *plant*. Ciò consente di diventare un gruppo globalmente più coeso e allineato.
L'applicazione del WCM ha consentito a CNH Industrial di raggiungere importanti livelli di performance, mediante l'applicazione dei metodi dei sette step e dei tre livelli di profondità (livelli reattivo, preventivo e proattivo), descritti nel Capitolo 1.
Grazie all'approccio dei sette step, CNH Industrial ha raggiunto importanti traguardi (CNH Industrial N.V, 2016):

- Circa 465.300 suggerimenti da parte dei dipendenti sono stati raccolti nel 2016 (un aumento del 10% rispetto all'anno precedente).
- Nel 2016 sono stati implementati 14.443 progetti WCM, generando risparmi per un ammontare di $ 112.000.000

Obiettivi sempre più impegnativi sono stati raggiunti grazie all'approccio dei tre livelli progressivi di profondità (CNH Industrial N.V, 2016):

- A Dicembre 2016, il programma contava 52 impianti che rappresentano l'80% degli impianti della Società, il 97% del personale dello stabilimento e il 97% dei ricavi delle vendite.

- Nel corso del 2016 sono stati offerti corsi di formazione per auditing interni ai responsabili degli impianti, supportando così la diffusione continua del WCM.

CNH Industrial ha ottenuto importanti risultati anche all'esterno dei suoi *plant*: le attività WCM svolte presso gli stabilimenti dei fornitori sono state ampliate fino ad includere 176 impianti nel programma WCM; circa 40 fornitori sono stati coinvolti grazie all'organizzazione di 7 workshop durante l'anno 2016, e circa 60 *follow-up* sono stati condotti per verificare la corretta implementazione della metodologia WCM. Più di 29 audit sono stati effettuati in EMEA da auditor certificati presso gli stabilimenti dei fornitori, ottenendo buoni risultati. Questo sistema di auditing consente l'inclusione dei fornitori nel sistema di premiazione WCM, con l'obiettivo di avere un primo fornitore di livello Bronzo entro il 2018.
Inoltre, CNH Industrial continua a monitorare una serie di indicatori di sostenibilità, come la frequenza di incidenti e il consumo di energia, e a fine 2016 ha registrato miglioramenti significativi per tutti i fornitori coinvolti (CNH Industrial N.V, 2016):

- Pilastro *Safety*: il tasso medio di frequenza degli incidenti (su 100.000 ore lavorative) è diminuito del 2,4% rispetto all'anno 2015
- Pilastro *Energy*: ai fornitori è stato richiesto di includere la misurazione del consumo energetico nelle loro pratiche standard, ed è stata registrata una riduzione media del 4,8% rispetto al 2015.

Emerge dunque che l'applicazione del modello WCM porta ad una maggiore competitività, ad una maggiore flessibilità e comunicazione tra il personale di gestione e di produzione, ad una migliore qualità del lavoro, allo sviluppo di nuove tecnologie e maggiore *empowerment* della forza lavoro.

Il WCM nello stabilimento di San Mauro

In questo paragrafo verranno descritte le principali pratiche WCM che sono state applicate nel *plant* in oggetto.
Il WCM entra nello stabilimento di San Mauro nel 2007. Attraverso la stratificazione delle perdite, sono state individuate quelle da "aggredire" con urgenza, rappresentate da: attività a non valore aggiunto (NVAA, *Not Value Added Activities*), individuate principalmente nelle stazioni di assemblaggio, perdite logistiche, perdite ambientali e perdite legate alla difettosità dei prodotti finiti (Figura 2.21). Come già detto nel Capitolo

1, quando si inizia ad applicare la metodologia WCM, le attività di miglioramento partono sempre dalla *Model Area* e, nel *plant* di San Mauro, essa è rappresentata dall'area di assemblaggio.

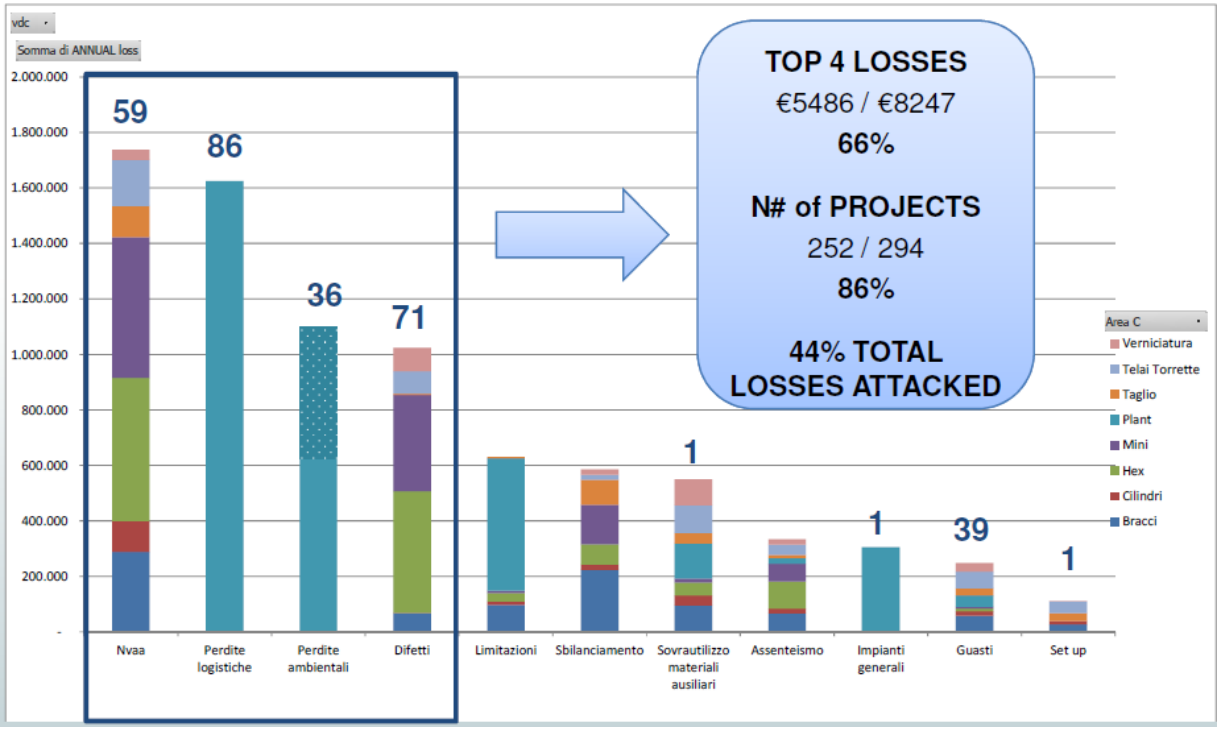


Figura 2.21 Diagramma di Pareto delle perdite presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2014]

Andando avanti si cercherà di estendere le pratiche WCM a tutte le altre aree dello stabilimento, mentre nella *Model Area* si continuerà applicando gli step avanzati.

Per ripristinare le condizioni di base della linea di produzione, è stata iniziata una forte collaborazione tra il pilastro tecnico *Workplace Organization* e i membri del team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*. Attraverso l'applicazione degli strumenti 5S e 5T è stata riorganizzata la linea produttiva, al fine di applicare la logica FIFO a tutti i componenti, rimuovere tutto il materiale non necessario dai vari reparti, rimuovere lo sporco e riordinare le stazioni di assemblaggio (Figura 2.22 e Figura 2.23).

Figura 2.22 Applicazione dello strumento 5S presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2014]

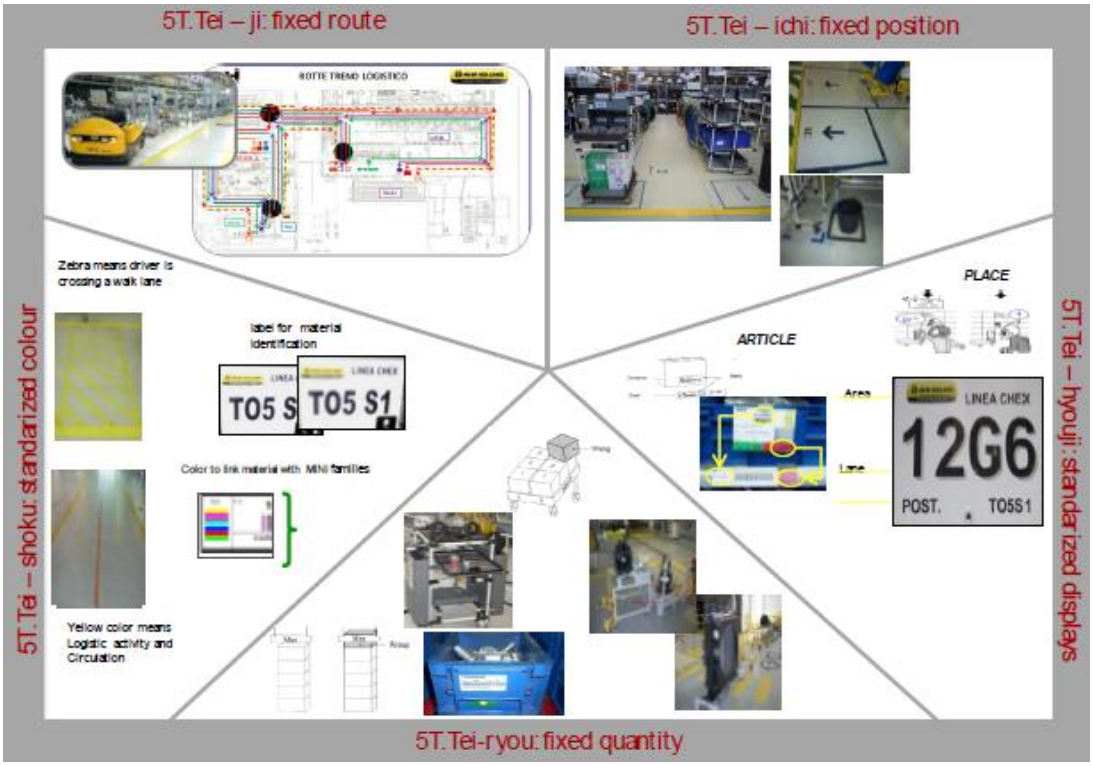


Figura 2.23 Applicazione dello strumento 5T presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2014]

Un'altra attività svolta durante questa collaborazione è la classificazione di tutti i P/N, e la redazione del PFEP, descritto nel Capitolo 1, al fine di adottare la più idonea tipologia di flusso logistico in base al tipo di P/N. Sono stati identificati 22.937 P/N, sia *make* che *buy*, di cui 3.577 P/N destinati al processo di realizzazione del Mini escavatore. Ad oggi,

sono stati classificati 1508 P/N, di cui la maggior parte ancora consegnata con flusso logistico indiretto (Figura 2.24). Obiettivo è muoversi sul PFEP verso sinistra, da una situazione di *patrolling* (situazione in cui le linee di produzione sono sature di materiale in attesa di essere lavorato), verso flussi logistici sempre più *lean*.

CLASS / FLOW MATRIX

Ideal flow evolution (with B/C analysis)
Each evolution from a flow to a better one must be supported by an economic analysis of B/C ratio (business case).

1^ 2^ 3^ 4^

Class		Typology	Sub Class	Sub Group	Total	JIS1	JIS2	JIS3	JIS4	WL1 SEQ	KIT SEQ	JIT	Ind1	Ind2	Ind3	Patrolling
						Type of flow										
						In sequence flow						Direct flow	Indirect flow			
						External from supplier process	External from supplier warehouse	External from advanced warehouse	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)		External Direct	Internal from advanced warehouse	Internal from warehouse	Internal from buffer	
A	A	Expensive Items	AA.1	Many Variations	32									32		0
			AA.2	Bulky	0											0
			AA.3	Other Expensive	20									20		0
			AA.4	Other (mono design)	0											0
	B	Bulky Items	AB.1	Many Variations	24					24						0
			AB.2	Other Bulky	2									2		0
	C	Many Variations	AC		0											0
B		Normal Items	B.1	High Consumption	63									63		0
			B.2	Low Consumption	968				570					398		0
C		Small & cheap items			399									399		0
					1508				570	24				914		0

Figura 2.24 PFEP dei P/N del *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Durante la collaborazione dei team dei pilastri tecnici *Workplace Organization* e *Focused Improvement* sono state successivamente eseguite le analisi delle perdite MURI, MUDA e MURA.

Grazie all'analisi delle perdite MURI (sovraccarico delle persone), gli operatori lavorano in migliori condizioni ergonomiche. Un esempio di *MURI Analysis* applicata presso lo stabilimento di San Mauro, è mostrato in Figura 2.25: attraverso l'implementazione di un ciclo PDCA è stata studiata la posizione che il lavoratore assumeva durante le sue attività lavorative e sono state messe in atto delle contromisure, realizzando delle aree di *picking* che rispettano i requisiti *Golden & Strike zones*, visti nel Capitolo 1, ed estendendole nelle diverse aree dello stabilimento.

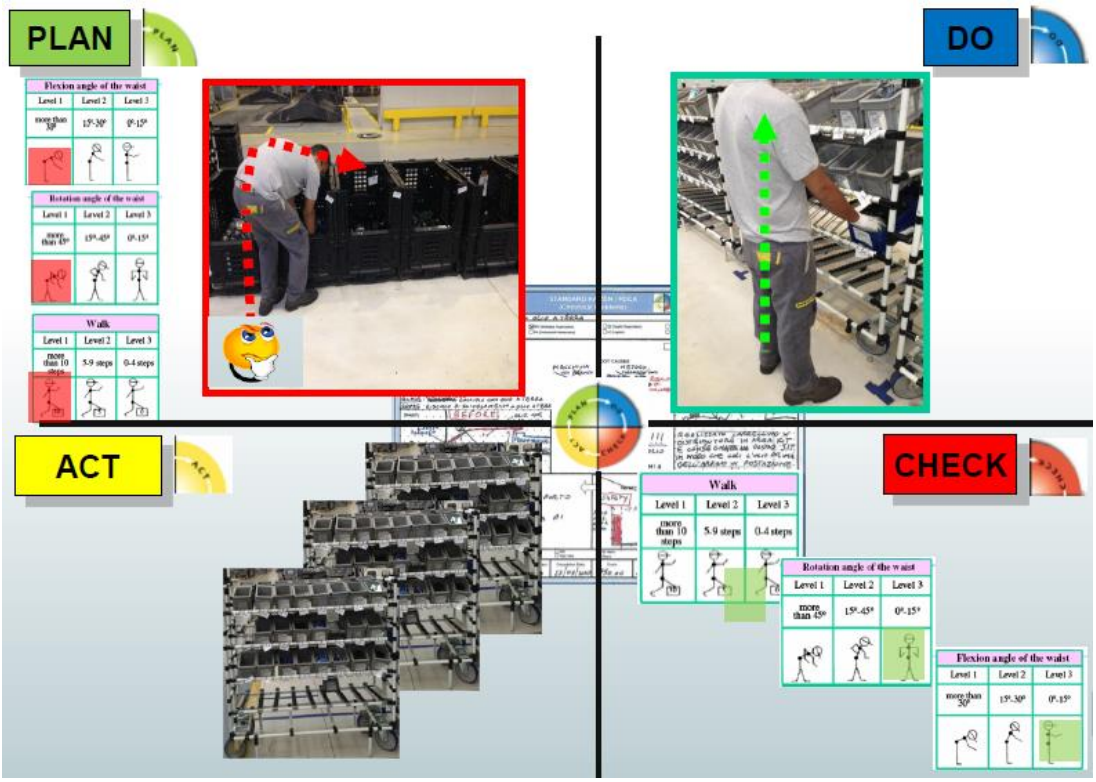


Figura 2.25 Esempio di *MURI Analysis* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Grazie all'analisi delle perdite MUDA (spreco fisico), le attività non produttive sono state eliminate. Un esempio di *MUDA Analysis* applicata presso lo stabilimento di San Mauro, è mostrato in Figura 2.26: durante l'attività di assemblaggio delle cabine, l'operatore era costretto a compiere vari spostamenti per andare a prendere i componenti, come bulloni e viti, presenti in diverse postazioni; attraverso l'implementazione di un ciclo PDCA sono stati studiati i movimenti svolti dall'operatore, e come contromisura è stato realizzato un kit per gli elementi della classe C. L'operatore può portare con sé il kit di componenti, ed evitare di compiere movimenti inutili che rappresentano attività a non valore aggiunto.

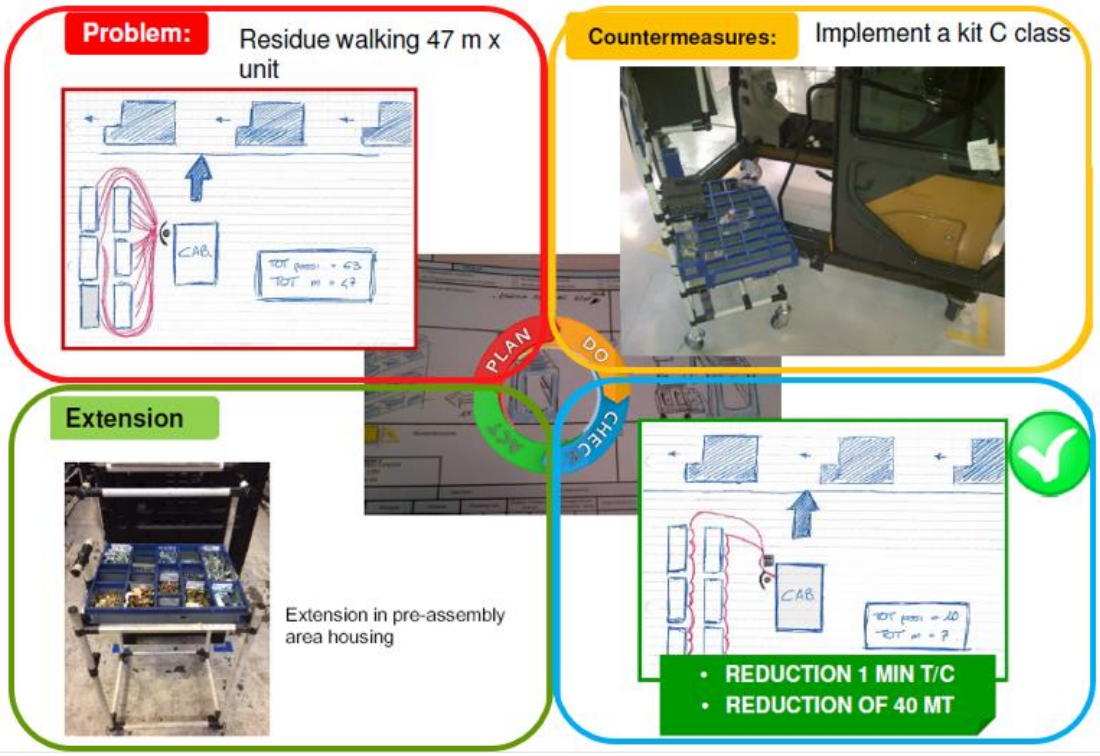


Figura 2.26 Esempio di *MUDA Analysis* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Grazie all'analisi delle perdite MURA (irregolarità del carico del lavoro), i cicli di lavorazione sono più stabili. In figura 2.27 viene mostrato un esempio di *MURA Analysis*: implementando un ciclo PDCA, è stata resa più stabile la piattaforma su cui un componente *bulky* viene posato per lavorare dei fori, eliminando l'instabilità del processo in oggetto di analisi.

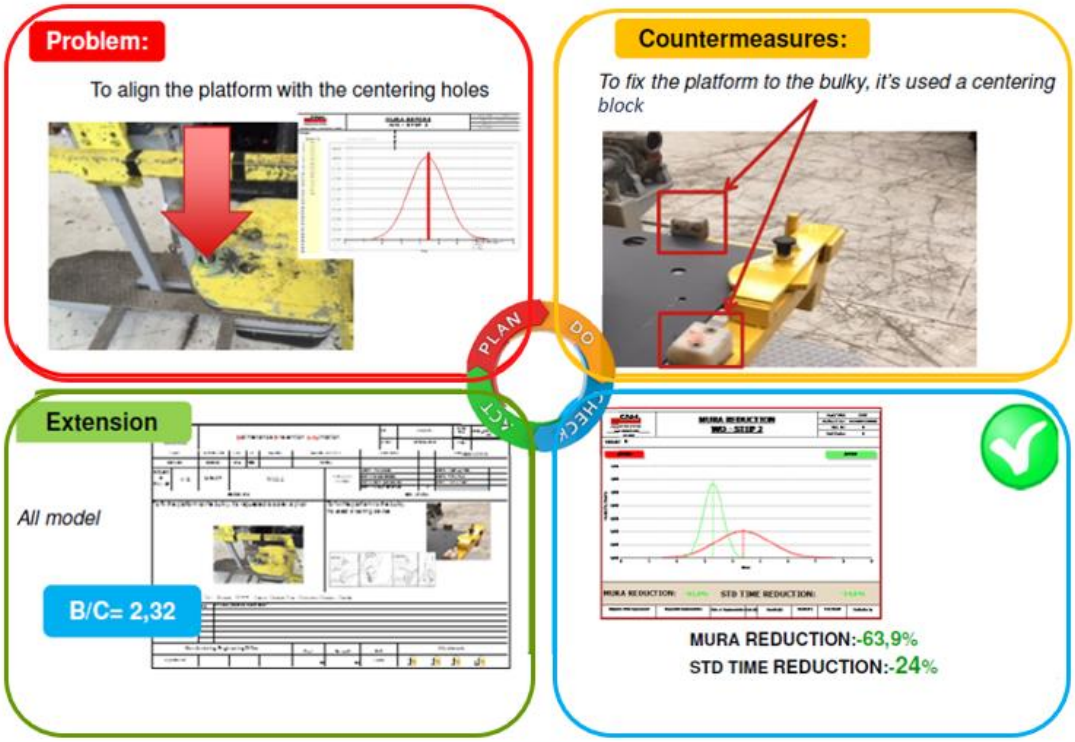


Figura 2.27 Esempio di *MURA Analysis* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

I costi logistici rappresentano la seconda grande perdita dello stabilimento, e il 33% delle perdite logistiche è rappresentato dai costi relativi ai trasporti delle forniture oltre oceano, essendo che i principali fornitori del *plant* di San Mauro sono in Giappone, nel caso di Sumitomo (S.H.I) Construction Machinery, e in Corea del Sud, nel caso di Hyundai Construction Equipment. Ad oggi circa il 20% delle perdite logistiche sono state attaccate attraverso la messa in atto di pratiche proprie del WCM. Nelle prime fasi del percorso di implementazione del pilastro *Logistics and Customer Service* il team dello stabilimento si è occupato di *Visual Management* e, a riguardo, al fine di rendere tutto visibile e facile da identificare, ha realizzato la segnaletica in diverse aree dello stabilimento (Figura 2.28).

Figura 2.28 Esempi di *Visual Standards* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

L'applicazione dei princìpi del *Visual Management* permette oggi agli operatori di avere tutto sotto controllo, immediatamente disponibile e ben ordinato, riducendo al minimo gli sprechi, anche di tempo. Inoltre, nell'ottica della ridefinizione della logistica interna, sono state realizzate aree di *picking* in conformità con il concetto di *Minimum Material Handling* (Figura 2.29).

Figura 2.29 Esempi di *Supermarket area* e di *kitting* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Per quanto riguarda il miglioramento della logistica esterna, lo stabilimento di San Mauro ha coinvolto i fornitori europei nel programma WCM implementando il sistema *Milk Run*: come si può leggere in Figura 2.30, gli operatori del *plant* si recano giornalmente presso i fornitori di Torino, Modena e Milano e settimanalmente presso i fornitori di Istanbul e Thylbury, per il ritiro delle materie prime. La consegna basata su una tempistica prestabilita ha permesso allo stabilimento di risparmiare circa € 40.000 ogni anno.

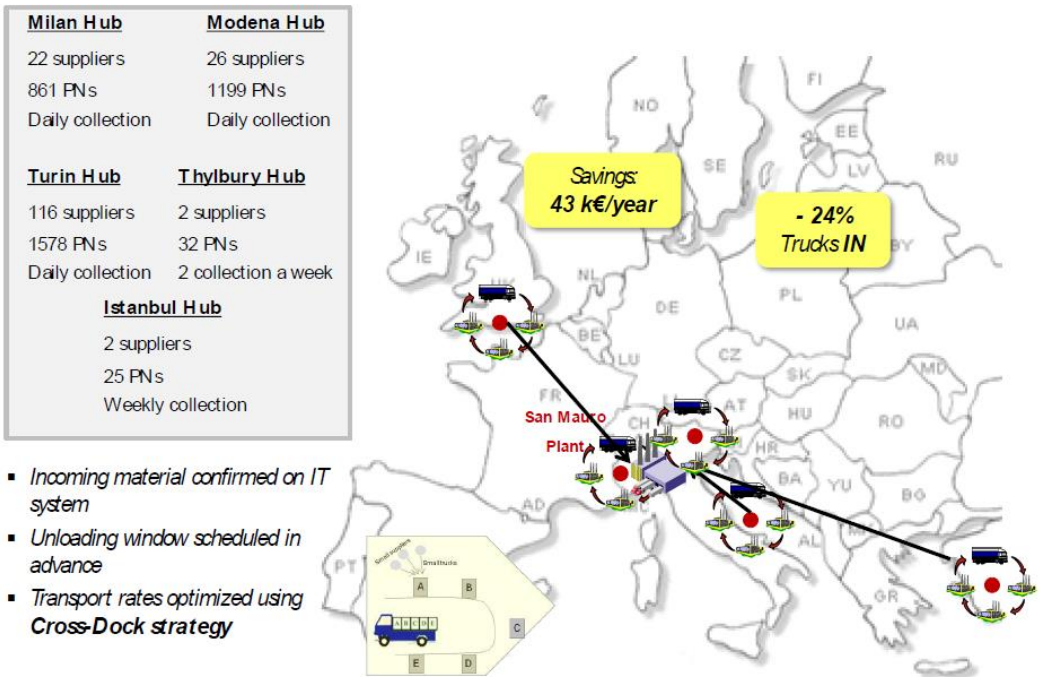


Figura 2.30 Implementazione della *Milk Run* dal *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

I membri del team del pilastro tecnico *Environment* si sono occupati di "aggredire" la terza perdita individuata nel diagramma di Pareto in Figura 2.21. In base alle norme ISO 14001 e alla filosofia del continuo miglioramento, il personale dello stabilimento di San Mauro segue dei corsi di formazione su politica ambientale, gestione e riciclaggio dei rifiuti, uso e manipolazione di prodotti chimici e riduzione del consumo di energia. Attraverso un sistema di monitoraggio viene controllato ogni fattore ambientale in termini di rispetto delle leggi locali e nazionali. I rischi ambientali sono stati classificati in maniera qualitativa, individuando un impatto veramente significativo in amianto (*asbestous*), inquinamento acustico (*external noise*), emissione di composti organici volatili (*VOC Emission*), inquinamento del suolo (*soil contamination*), e rifiuti tossici (*hazardous waste disposal*), come si può vedere in Figura 2.31.

AA	A	B	C
VERY SIGNIFICANT ASPECT	SIGNIFICANT ASPECT	LOW ASPECT	VERY LOW ASPECT

PLANT	ENVIRONMENTAL ASPECTS	PAINTING	FINISHING	WELDING	ASSEMBLY	CILINDER	LOGISTIC	QUALITY
AA	Asbestous	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
AA	External noise	AA	AA	B	B	B	B	B
AA	VOC Emission	AA	AA	A	A	A	A	A
AA	Soil contamination	AA	AA	A	A	A	B	B
AA	Hazardouse Waste disposal	AA	AA	B	A	B	B	B
A	Chemicals consumption	A	A	B	A	A	B	B
A	Electricity consumption	B	A	A	A	A	A	A
A	Gas consumption	A	A	A	A	A	A	A
A	Ozone reduction	B	B	A	B	A	B	B
A	Water consumption	A	A	B	B	B	B	B
A	Non-Hazardous waste disposal	B	B	B	A	B	A	B
A	Waste Water	A	B	B	B	B	B	B
B	Greenhouse effect	B	B	B	B	B	B	B
B	Water pollution	B	B	B	B	B	B	B
B	Dust emission	B	B	B	B	B	B	B
C	Sustainable mobility	C	C	C	C	C	C	C
C	COD & BOD	C	C	C	C	C	C	C
C	Smell emission	C	C	C	C	C	C	C

Figura 2.31 Classificazione qualitativa dei rischi ambientali presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Il primo provvedimento è consistito nell'attuare un intervento di bonifica per l'amianto attraverso l'operazione di incapsulamento: i tetti degli edifici dell'intero stabilimento di San Mauro sono stati ricoperti da prodotti penetranti che hanno inglobato le fibre di amianto costituendo una pellicola di protezione sulla superficie esposta. Entro il 2020, lo stabilimento di San Mauro conta di ridurne al minimo l'impatto ambientale. Per ridurre il livello di rumore, sono state create delle barriere insonorizzate nell'area di *testing* degli escavatori, nelle zone di utilizzo di aria compressa e nell'area di verniciatura (mostrate, rispettivamente, in Figura 2.32).

Figura 2.32 Contromisure messe in atto dal *plant* San Mauro per ridurre l'inquinamento acustico [Fonte: CNHi, 2016]

Un terzo provvedimento è stato preso per la limitazione dell'emissione di composti organici volatili, attraverso l'installazione di nuovi sistemi di verniciatura (Figura 2.33), consentendo di regolare le attività che prevedono l'utilizzo di solventi.

Figura 2.33 Sistema di verniciatura presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Un altro aspetto importante che il team di *Environment* ha trattato durante l'implementazione del percorso di miglioramento del pilastro tecnico in questione, è stato riguardo l'immagazzinamento delle sostanze carburanti. Nel 2010 sono stati rimossi i sistemi di stoccaggio interrati in zone al di fuori degli edifici dello stabilimento, e installati nuovi serbatoi esterni (Figura 2.34). Ciò ha permesso di eseguire le attività di rifornimento dei macchinari e o di stoccaggio di carburante in condizioni di massima sicurezza operativa ed ambientale, eliminando il rischio di sversamento di prodotti nel sottosuolo.

Figura 2.34 Serbatoi per l'immagazzinamento di sostanze carburanti presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Infine, sono state ridefinite le attività di raccolta, trasporto, recupero e smaltimento dei rifiuti tossico, compreso il controllo di queste operazioni.

Al fine di realizzare un *model green plant*, il team del pilastro tecnico *Environment* monitora continuamente le attività svolte all'interno dello stabilimento e l'impatto che queste hanno sull'ambiente, e affronta giorno per giorno i problemi più critici che emergono dal *Management System* (Capitolo 1), con lo scopo di definire piani d'azione per la sostenibilità ambientale.

La quarta importante perdita è stata "aggredita" dal pilastro tecnico *Quality Control*. Attraverso lo strumento 4M, i membri del team di questo pilastro tecnico, hanno provveduto a classificare le cause dei difetti riscontrati, secondo la loro appartenenza alle quattro categorie *Man*, *Material*, *Machine*, *Method* (Figura 2.35), ed è emerso che la maggior parte dei difetti riscontrati era dovuta ad errori umani e ai metodi di produzione.

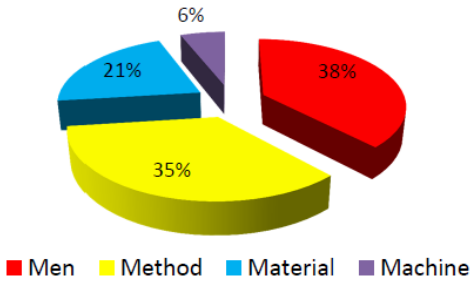


Figura 2.35 Distribuzione delle 4M presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Per la gestione dei problemi di tipo *Man* e *Method* è stato adottato un approccio reattivo: sono stati attuati dei cicli PDCA ai problemi che si sono verificati in stabilimento, migliorando le fasi di lavorazione e cercando di tendere verso la condizione di "zero" difetti. Un esempio di PDCA per la correzione di errori umani è rappresentato in Figura 2.36: l'operatore, mentre svolgeva le attività di *testing* sulla macchina, sporcava il sedile e per risolvere il problema sono state realizzate delle protezioni da mettere sul sedile durante le operazioni di *testing*.

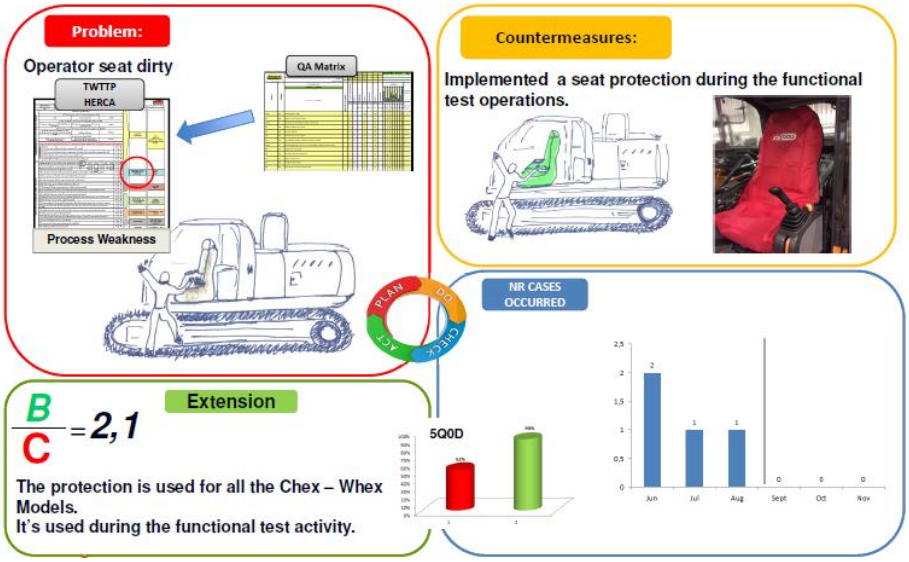


Figura 2.36 Ciclo PDCA per la correzione di un errore di tipo *Man* presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

Gli errori di tipo *Material* sono legati ai difetti trovati nelle forniture. *8 Stages of Incoming Material* è lo strumento utilizzato nella gestione di questa tipologia di errori. In ottica WCM, la situazione ideale è rappresentata dall'assenza di difetti (che si raggiunge allo stage 4), e quindi dalla non necessità di ispezioni (che si ottiene allo stage 8). Tutti i materiali che hanno creato problemi di qualità nel processo produttivo vengono considerati allo stage 0. Per questi il team di *Quality Control* dello stabilimento di San Mauro è intervenuto attuando un controllo sul materiale in entrata e sulle attività del fornitore al fine di gestire l'anomalia. Ad oggi, come si può notare dalla Figura 2.37, le forniture che riceve il *plant* di San Mauro partono dallo stage 2, e l'obiettivo è raggiungere, per tutti i P/N di tipo *buy*, almeno lo stage 4 nel breve periodo. Raggiunto questo obiettivo, il team di *Quality Control* si occuperà poi di andare verso lo stage 8, per ridurre man mano il numero di ispezioni e abbattere i costi di controllo della qualità sostenuti dal fornitore.

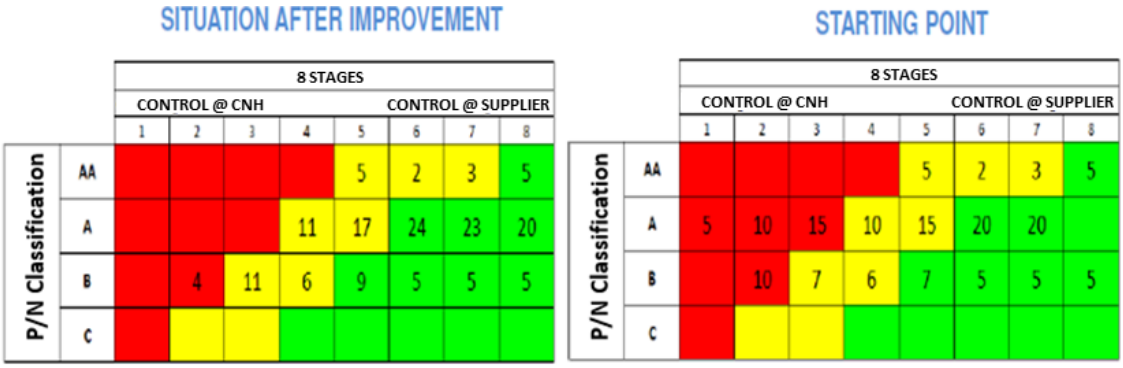


Figura 2.37 Classificazione dei P/N ai diversi stages presso il *plant* San Mauro [Fonte: CNHi, 2016]

L'implementazione del programma WCM ha permesso al *plant* di San Mauro di ottenere importanti risultati e, nel Maggio 2016, ha ottenuto la certificazione *Bronze level*. Ad oggi, il suo *Methodology Implementation Index* (Capitolo 1), è pari a 52 e in Figura 2.38 è possibile leggere lo score che ciascun pilastro, sia tecnico che manageriale, possiede.

EMEA - San Mauro Plant	Safety	Cost Deployment	Focused Improvement	Autonomous Activities	Professional Maintenance	Quality Control	Logistcs and Customer Service	Early Equipment/Product Mng	People Development	Environment and Energy	**Total Score Technical pillars**	Management Commitment	Clarity of objectives	Route Map to WCM	Alloc. Of Highly Qualified people	Commitment of organization	Competence of Organization	Time and Budget	Level of Detail	Level of Expansion	Motivation of Operators	**Total Score Managerial pillars**	**Plant Score**
	2	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**2**	**3**	**24**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**3**	**28**	**52**

Figura 2.38 Score del *plant* San Mauro [Adattata da: WCM Review CNHi, 2016]

CAPITOLO 3 – Applicazione del WCM presso lo stabilimento San Mauro

Questo capitolo rappresenta la parte *core* della presente tesi. Nella prima parte verrà spiegata la scelta del caso studio e la sua motivazione, ponendo l'attenzione sull'area di lavorazione più critica del processo di produzione del *plant* CNH Industrial di San Mauro Torinese (TO).
Nella seconda parte verrà descritta l'applicazione della metodologia WCM al processo produttivo di uno dei prodotti realizzati presso il *plant* San Mauro. Lo strumento principale utilizzato è rappresentato dal *Value Stream Mapping* (VSM), che ha permesso di mappare l'intero Flusso di Valore attualmente creato dal prodotto realizzato, e di individuare le principali aree di spreco presenti nella zona di lavorazione più critica del processo di produzione.
Infine, verranno discusse alcune proposte di miglioramento possibili da implementare e i relativi risultati, incorporate in una *Future State Map* che rappresenta il Flusso di Valore desiderabile creato dal prodotto.

3.1 Scelta del caso studio e sua motivazione

Durante lo svolgimento dell'attività di tesi in azienda presso l'ente centrale del WCM di CNH Industrial, in particolare affiancando l'EMEA *Pillar Leader* di *Logistics and Customer Service*, si è presentata l'opportunità di lavorare sul processo produttivo dei mini escavatori del *plant* San Mauro.
Come è stato detto nel Capitolo 2, nel 2011 la fabbrica di San Mauro ha incrementato le vendite, grazie soprattutto all'introduzione del mini escavatore nel portafoglio prodotti, il quale risulta infatti, ad oggi, il prodotto principale rappresentando circa metà delle vendite totali dello stabilimento.
A seguito dell'aumento della richiesta sul mercato, l'azienda ha avuto un ampliamento della capacità produttiva che ha comportato un aumento dei flussi di materiale dello stabilimento.
Essendo un prodotto nuovo, è necessario raffinare le fasi di produzione del mini escavatore, poiché queste non risultano ottimizzate. I tempi di lavorazione, infatti, non sono definiti in relazione all'effettivo fabbisogno delle diverse stazioni di processo, ma adattati in base ai tempi di lavorazione degli altri prodotti realizzati nello *shop floor* di San Mauro. Ciò che ne consegue

è un livello elevato della dimensione dei buffer, in termini temporali e fisici, il quale rappresenta una fonte di spreco.
Questo lavoro di tesi è nato, dunque, con lo scopo di proporre un miglioramento al processo produttivo della linea del mini escavatore, al fine di ridurre gli sprechi.
Le soluzioni suggerite consistono in pratiche della metodologia WCM, che fanno parte degli strumenti propri del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*. Le proposte di perfezionamento riguardano l'area di *Fabrication*, che verrà esaminata nel Par. 3.1.1, poiché rappresenta la parte più critica del processo di produzione, e quindi ritenuta dalla direzione dello stabilimento come la principale area migliorabile.

3.1.1 L'area Fabrication

Come già detto nel Capitolo 2, le attività di *Fabrication* consistono nelle fasi di assiematura, saldatura (*welding*), sia robotizzata che manuale, e lavorazione meccanica (*machining*). Le lavorazioni che vengono eseguite sugli elementi costituenti l'escavatore dipendono dalle caratteristiche che dovrà avere la macchina finale. Le variabili che influenzano le fasi di lavorazione sui componenti del mini escavatore sono rappresentate da: tonnellate del prodotto finale (come già detto nel Capitolo 2, lo stabilimento di San Mauro realizza mini escavatori da 1.7, 1.8, 2.6, 3.3, e 3.7 tonnellate), brand (CASE Construction, New Holland Construction), capacità di scavo della macchina, tipo di benna che andrà poi montata sul braccio di scavo.
Il layout dello stabilimento è un tipico layout per reparti, e ciò consente di agevolare la produzione di lotti che possono essere tra loro anche molto diversi. La zona di *welding* di telai e torrette è separata da quella che riguarda i bracci escavatori, come è stato già mostrato in Figura 2.10 nel Capitolo 2.
Per quanto riguarda l'attività di assiematura, ovvero l'assemblaggio della piastra e dei suoi componenti, il layout dell'area di assiematura e saldatura dei telai e delle torrette risulta essere formato da due zone separate, una adibita alle lavorazioni del telaio inferiore e l'altra adibita alle lavorazioni della torretta. Ognuna delle due zone ha tre banchi da lavoro, rispettivamente per la lavorazione dei modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8, MHEX 2.6, MHEX 3.3 e MHEX 3.7. Tale disposizione fa sì che i tempi di setup delle macchine adibite alle attività di assiematura, saldatura e montaggio dei longheroni siano nulli, proprio perché ogni stazione di lavoro è dedicata alla realizzazione di una sola tipologia di modello. Finite le prime attività di *Fabrication*, i semilavorati vengono deposti in una zona di buffer, in attesa di essere sottoposti

alle lavorazioni meccaniche di precisione. In Figura 3.1 è mostrato uno schema semplificato del reparto appena descritto.

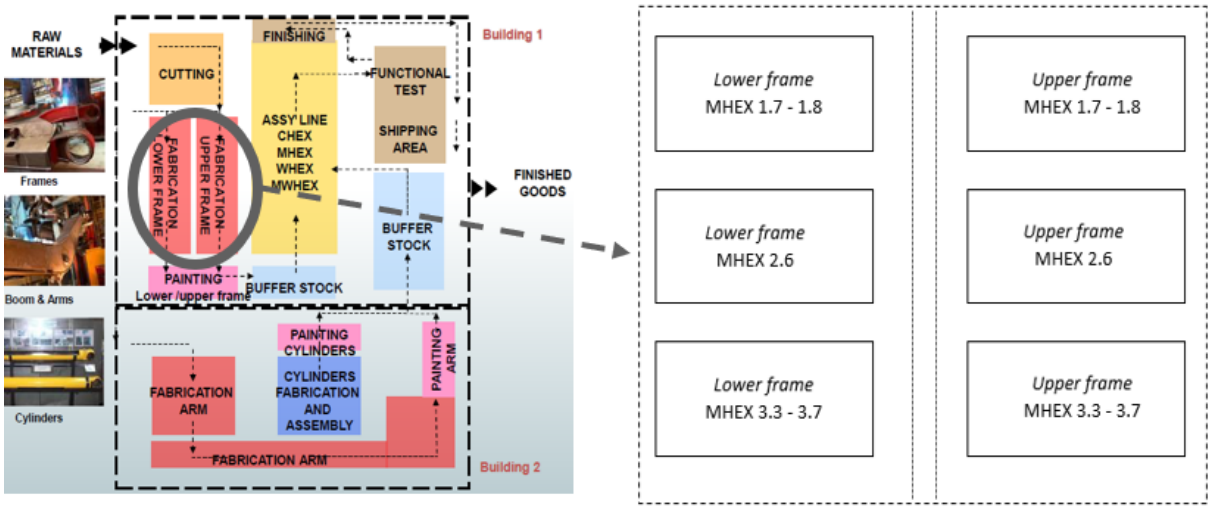


Figura 3.1 Schema semplificato dell'area *welding* dedicata alle lavorazioni di torretta e telaio inferiore

La disposizione delle postazioni di lavoro dell'area *welding* dei bracci escavatori è simile a quella dove vengono lavorati telai e torrette. Ogni spazio realizza un solo modello di braccio escavatore, in base alle tonnellate. Il braccio *excavator arm*, come è stato già detto nel Capitolo 2, influenza la capacità di scavo della macchina in termini di profondità e distanza. Proprio per questo i modelli del braccio di scavo variano non solo in base alla tonnellata, ma anche in base alla loro lunghezza, e ciò comporta dei tempi di setup dei macchinari non nulli, poiché l'operatore dovrà impostare i macchinari di lavorazione in base alla lunghezza del braccio *excavator arm*. Finite le attività di assiematura e saldatura, i componenti appena lavorati vengono depositati in una zona di buffer, in attesa di essere sottoposti alle attività di lavorazione meccanica.

L'area di *machining* di telai e torrette è costituita da una zona adibita alla lavorazione delle torrette e un'altra adibita alla lavorazione dei telai. Per la lavorazione dei telai è presente una sola macchina, dunque i tempi di setup dell'impianto sono dati dal cambio delle impostazioni delle attrezzature di lavoro in base al peso del telaio inferiore che viene sottoposto alle operazioni meccaniche. Per la lavorazione meccanica delle torrette sono presenti: una macchina utensile impiegata per le lavorazioni delle torrette dei modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8, una macchina utensile destinata alle lavorazioni delle torrette dei modelli MHEX 2.6, MHEX 3.3 e MHEX 3.7 e, una terza macchina adibita alle lavorazioni meccaniche delle torrette di tutti i modelli MHEX.

La zona di *machining* dei bracci escavatori è formata da un'area dedicata ai bracci *excavator boom* e un'altra dedicata ai bracci *excavator arm*. In entrambe le aree sono presenti una

macchina utensile adibita alle lavorazioni di alesatura e imboccolatura (per preparare la superficie al montaggio delle boccole), e una macchina utensile per l'installazione di perni e boccole (che consentono il giogo della benna che andrà poi montata sul mini escavatore). Mentre per le lavorazioni del braccio *excavator boom* non vi è bisogno di alcun setup tra la lavorazione di un modello di braccio escavatore e l'altro, per la lavorazione meccanica di finitura del braccio *excavator arm*, l'operatore dovrà provvedere al cambio degli attrezzi in base alla tipologia di benna che verrà montata sul braccio di scavo.

La zona di *machining* dei bracci escavatori, però, non è adibita soltanto alla lavorazione meccanica di quelli realizzati internamente, come invece accade per la lavorazione meccanica di telai e torrette. Poiché la capacità produttiva dei macchinari è inferiore alla domanda di mercato, lo stabilimento di San Mauro ha affidato ad un'azienda esterna, RJ s.r.l, le attività di alesatura e imboccolatura dei bracci *excavator arm* di massima profondità di scavo dei modelli MHEX 1.7, MHEX 1.8 e MHEX 2.6, dei bracci *excavator arm* di minima profondità di scavo dei modelli MHEX 3.3 e MHEX 3.7, e dei bracci *excavator boom* dei modelli MHEX 1.7, MHEX 1.8 e MHEX 2.6. Una volta finite le lavorazioni di alesatura e imboccolatura, RJ s.r.l consegna al *plant* San Mauro i semilavorati, i quali devono poi essere sottoposti alle attività di montaggio di perni e boccole e di finitura superficiale.

Finite le attività di lavorazione meccanica, i semilavorati vengono deposti in una zona di buffer, in attesa di essere sottoposti alle attività di verniciatura.

Criticità

Le fasi produttive *welding* e *machining* rappresentano le attività critiche dell'intero processo di produzione. Le criticità dipendono da diversi fattori, su cui si potrebbe intervenire al fine di migliorare le prestazioni dell'intero processo.

La zona di lavoro dove vengono svolte le attività di *welding* presenta grosse inefficienze di natura logistica. Un aspetto rilevante emerso come inefficienza logistica, dichiarato dagli operatori dello stabilimento in oggetto, riguarda le inadeguate attività di *Sequencing* e di *Kitting* attualmente operate. Come detto nel Capitolo 1, le attività di *Sequencing* e di *Kitting*, eseguite in specifiche aree logistiche, hanno lo scopo di raccogliere ed organizzare le merci che devono essere spedite in produzione. In particolare, nell'area *welding*, i kit che vengono consegnati ai diversi punti di utilizzo non sono organizzati in base alle necessità delle postazioni di lavoro, né in termini di quantità né, a volte, in termini di tipologia di P/N. Ciò è dovuto ad un sistema di gestione dei materiali dell'area *Fabrication* caratterizzato da una logica *push*: i materiali vengono "spinti" in fabbrica in anticipo rispetto al fabbisogno dei clienti, organizzati nei kit in

base alle previsioni di produzione; quindi, un'improvvisa variazione del piano di produzione porterebbe a degli inconvenienti.

In primo luogo, se la quantità di codici presente nei kit è sovradimensionata rispetto alle effettive necessità, l'operatore sarà costretto a movimentare molti codici prima di poter arrivare a quello di interesse. In secondo luogo, se i kit contengono P/N che non devono essere lavorati nelle postazioni in cui sono stati consegnati, gli addetti avranno difficoltà sia per l'identificazione della merce da prelevare, che per la movimentazione stessa dei materiali. Queste problematiche non si avrebbero se il sistema di gestione dei materiali dell'area *Fabrication* seguisse una logica *pull* (la cui implementazione è stata consigliata nella Prima proposta di miglioramento descritta nel Par. 3.2.5).

Nell'area *welding*, le perfomance delle attività dipendono prevalentemente dalle prestazioni degli operatori, e gli aspetti critici appena descritti possono influire negativamente sulle funzioni che l'operatore svolge durante il suo lavoro.

Nell'area *machining*, invece, l'efficienza è strettamente correlata all'affidabilità degli impianti, in quanto il livello di meccanizzazione risulta essere davvero alto. Emerge, dunque, come le perfomance delle attività di questa seconda area dipendano non solo dalle prestazioni degli operatori ma, soprattutto, dall'efficienza degli impianti. Alla luce di ciò sono state raccolte informazioni riguardo il funzionamento dei macchinari.

Nello specifico, nell'area di *machining* dello *shop floor* di San Mauro è stato rilevato che il tempo medio tra un guasto ed il successivo (*Mean Time Between Failures*, MTBF), è pari a circa 7 ore. Ciò vuol dire che, in media, si verifica un guasto per ogni turno lavorativo.

I tipi di guasto che si verificano hanno diversa natura e, come conseguenza si ha che il valore atteso del tempo al ripristino (*Mean Time To Repair*, MTTR), del macchinario dipende dalla tipologia del guasto: il MTTR può variare da una durata minima di circa 5 minuti, se il tipo di riparazione può essere eseguito dal semplice operatore, fino alla durata di un turno intero se la tipologia di guasto richiede l'intervento dei tecnici della manutenzione.

Inoltre, un'altra problematica importante è rappresentata dall'alto livello di buffer tra le attività *welding* e *machining*. La logistica interna dovrebbe garantire un flusso dei materiali continuo, che minimizzi i tempi e i costi, in modo che i semilavorati raggiungano puntualmente determinate posizioni, ma ciò non è verificato nello *shop floor* di San Mauro.

In ottica WCM, le inefficienze appena descritte portano ai seguenti sprechi:

- *Unnecessary inventory* (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.

- *Transportation* (superflue movimentazioni di materiale): riguarda i pezzi che vengono spostati e manipolati quando non necessario. I movimenti eccessivi possono causare danni e deterioramento, per questo motivo occorre minimizzare il trasporto dei materiali all'interno dello *shop floor*.
- *Unnecessary motion* (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.

Ciò ha portato all'esigenza di applicare gli strumenti della metodologia WCM al fine di eliminare gli sprechi appena descritti e ottenere un flusso dei materiali più snello all'interno dello *shop floor* di San Mauro.

3.2 Implementazione della metodologia WCM

Nello stabilimento di San Mauro la *Model Area* da cui si è partiti ad applicare la metodologia WCM è rappresentata dalla stazione di assemblaggio, e il livello di estensione dei metodi del WCM non comprende ancora le altre aree produttive, come *welding* e *machining*. Come è stato detto nel Par. 3.1, il lavoro di tesi riguarda l'applicazione della metodologia WCM all'area di *Fabrication* del mini escavatore.

In particolare, la prima fase riguarda la realizzazione della *Current State Map* del flusso di valore del mini escavatore, in modo da analizzare il flusso di materiali che attraversa lo stabilimento e determinare il *lead time* di produzione di ogni modello di mini escavatore.

Poiché l'obiettivo dello step 4 del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* consiste nel livellare la produzione in ogni fase produttiva, per fare in modo che tra le diverse parti del sistema produttivo non ci siano buffer intermedi (vedi Capitolo 1, Par. 1.6.1), il lavoro è proceduto applicando la logica di questo step. Ossia, si è andato avanti con l'analisi dei buffer inter operazionali nell'area *Fabrication*, l'individuazione dei vincoli di produzione che determinano i diversi livelli di buffer, la messa in atto di contromisure destinate

a rimuovere i vincoli individuati che generano delle perdite, fino a proporre una *Future State Map* che migliori l'efficienza della produzione.

3.2.1 Raccolta dati

Per poter mappare il *Value Stream* del mini escavatore, per ogni fase del processo produttivo sono stati raccolti, presso l'officina di San Mauro, i seguenti dati:

- *Cycle time* (C/T): tempo medio di lavorazione richiesto per un pezzo (espresso in minuti/pezzo)
- *Changeover time* (C/O): tempo di setup di una macchina per passare dalla lavorazione di una tipologia di pezzo ad un'altra (espresso in minuti/pezzo)
- numero di turni al giorno (#*shift*), che va da un minimo di uno ad un massimo di tre turni
- numero di operatori, per ogni attività, a turno (#op.)

Si noti che i valori di tempo che verranno indicati in questo paragrafo e inseriti nella "AS-IS" *Map* sono stati raccolti durante diverse visite in officina, fatte nel corso del periodo di svolgimento della tesi presso l'azienda, da Ottobre 2017 a Febbraio 2018, grazie alla collaborazione del personale di produzione e dei responsabili di reparto. Ciò, da un lato, ha consentito la realizzazione della *Current State Map* in modo chiaro e veritiero ma, dall'altro lato, non permette di tener conto della variabilità che può incidere su un processo produttivo, presentando, quindi, tutti i limiti di un'istantanea: lo stato fotografato del processo produttivo non necessariamente è la rappresentazione della sua condizione normale, in positivo o in negativo.

Le informazioni sopra elencate sono state raccolte relativamente ai processi produttivi di tutti i modelli di mini escavatore. L'analisi è stata svolta sugli elementi costituenti il prodotto finale, e dunque torretta, telaio inferiore, braccio *excavator arm* e braccio *excavator boom*. In Tabella 3.1 è possibile leggere le informazioni relative ai componenti dei primi due modelli di mini escavatore, in Tabella 3.2 sono mostrati i dati relativi al modello MHEX 2.6, infine, in Tabella 3.3 sono raccolte le informazioni riguardo gli ultimi due modelli. I dati scritti in rosso rappresentano delle stime sulla durata delle relative lavorazioni, sul numero di turni o sul numero di operai presenti per turno. Le stime sono state fatte in quanto non è stato possibile ottenere il dato in modo empirico.

MHEX 1.7 - 1.8

		Torretta (*Upper frame*)				Telaio (Lower frame)				Braccio ARM				Braccio BOOM			
		C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.
Welding	Assiematura	86	0	2	1	48	0	3	1	37	10	2	1	75	0	2	1
	Saldatura	140	0	3	1	135	0	3	1	100	10	2	2	129	0	3	2
	Body-on-frame	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Machining	Lavoraz. Meccanica	114	10	3	1	49,53	10	2	1	65	8	3	1	51	0	3	1
	Finitura	-	-	-	-	-	-	-	-	33	0	3	1	35	0	3	1
Painting	Carico	50	0	2	2	16	0	2	2	30	0	2	2	33	0	2	2
	Soffiatura	20	0	2	1	12	0	2	1	10	0	2	1	10	0	2	1
	Siliconatura	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicaz. primer	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicaz. vernice	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1
	Scarico	25	0	2	2	15	0	2	2	30	0	2	2	30	0	2	2

Tabella 3.1 Dati sulla lavorazione dei modelli MHEX 1.7 e 1.8

MHEX 2.6

		Torretta (*Upper frame*)				Telaio (Lower frame)				Braccio ARM				Braccio BOOM			
		C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.
Welding	Assiematura	157	0	2	1	75	0	3	1	41,5	10	2	1	83	0	2	1
	Saldatura	222	0	3	1	115	0	3	1	109	10	3	2	116,5	0	3	2
	Body-on-frame	-	-	-	-	104	0	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Machining	Lavoraz. meccanica	158	10	3	1	49,53	10	2	1	70,25	8	3	1	62	0	3	1
	Finitura	-	-	-	-	-	-	-	-	35	0	3	1	40	0	3	1
Painting	Carico	50	0	2	2	16	0	2	2	30	0	2	2	33	0	2	2
	Soffiatura	20	0	2	1	12	0	2	1	10	0	2	1	10	0	2	1
	Siliconatura	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicaz. primer	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicaz. vernice	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1
	Scarico	25	0	2	2	15	0	2	2	30	0	2	2	30	0	2	2

Tabella 3.2 Dati sulla lavorazione del modello MHEX 2.6

MHEX 3.3 - 3.7

		Torretta (*Upper frame*)				Telaio (Lower frame)				Braccio ARM				Braccio BOOM			
		C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.	C/T	C/O (min/pz)	#shift	#op.
Welding	Assiematura	157	0	2	1	75	0	3	1	46	10	2	1	91	0	2	1
	Saldatura	222	0	3	1	115	0	3	1	100	10	3	2	104	0	3	2
	Body-on-frame	-	-	-	-	104	0	3	1	-	-	-	-		-	-	-
Machining	Lavoraz. meccanica	158	10	3	1	51,77	10	2	1	70,25	8	3	1	73	0	3	1
	Finitura	-	-	-	-	-	-	-	-	44	0	-	-	45	0	3	1
Painting	Carico	50	0	2	2	16	0	2	2	30	0	2	2	33	0	2	2
	Soffiatura	20	0	2	1	12	0	2	1	10	0	2	1	10	0	2	1
	Siliconatura	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicazione primer	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1	15	0	2	1
	Applicazione vernice	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1	15	15	2	1
	Scarico	25	0	2	2	15	0	2	2	30	0	2	2	30	0	2	2

Tabella 3.3 Dati sulla lavorazione dei modelli MHEX 3.3 e 3.7

Le informazioni sulle fasi *assembly*, *testing*, *finishing* e *shipping* dei diversi modelli sono state sintetizzate in un'unica tabella (Tabella 3.4), in quanto i tempi di lavorazione, i turni e il numero di operatori non variano in base alla tipologia di mini escavatore realizzato. L'attività di montaggio finale è realizzata da 58 postazioni di assemblaggio, in cui è presente un operatore per ogni turno, che si possono raggruppare in sette macro aree, come è mostrato in Tabella 3.4.

		MHEX			
		C/T (min/pz)	C/O (min/pz)	#shift	#op.
Assembly	Premontaggio bracci	536,41	0	1	23
	Montaggio cofani	79,8	0	1	3
	Montaggio motore	501,99	0	1	19
	Premontaggio torretta	124,47	0	1	5
	Accoppiamento carro-torretta	26,91	0	1	1
	Montaggio ralla	75,51	0	1	4
	Montaggio carro	80,05	0	1	3
	Testing	77,4	0	3	1
	Finishing	60	0	2	1
	Shipping	34,8	0	1	1

Tabella 3.4 Dati sulle fasi finali di realizzazione del MHEX

In un secondo momento sono stati raccolti, tra le varie stazioni di processo dello *shop floor* di San Mauro, informazioni relative al W*ork In Process* (WIP), ovvero il numero medio di pezzi presenti nel sistema produttivo. Le informazioni sul WIP medio si possono leggere in Tabella 3.5.

I WIP indicati rappresentano il numero medio di pezzi presenti a valle della corrispondente attività. Ad esempio, in *machining* il livello di WIP di *upper frame* del modello MHEX 1.7 è pari a 0 pezzi, del modello MHEX 1.8 è pari a 7 pezzi, del modello MHEX 2.6 è pari a 11 pezzi, del modello MHEX 3.3 è pari a 1 pezzo e del modello MHEX 3.7 è pari a 12 pezzi. Ciò vuol dire che tra l'attività di *machining* e l'attività successiva di *painting*, c'è un buffer che ha mediamente la dimensione totale di 31 torrette.

	WIP Upper frame (pezzi)			WIP Lower Frame (pezzi)		
	Painting	Machining	Welding	Painting	Machining	Welding
MHEX 1.7	9	0	4	13	0	14
MHEX 1.8	4	7	3	2	0	3
MHEX 2.6	9	11	15	18	18	17
MHEX 3.3	1	1	0	2	2	2
MHEX 3.7	7	12	12	10	0	16
	30	**31**	**34**	**45**	**20**	**52**

Tabella 3.5 Livello di WIP di torrette e telai

In tabella 3.6 è rappresentato il livello di WIP dei bracci escavatori. Mentre per le torrette e i telai non vi è alcuna differenza a livello di verniciatura (viene utilizzata la vernice della stessa tonalità di grigio per entrambi i brand), per i bracci escavatori, invece, vengono utilizzati colori diversi nelle fasi di verniciatura: tonalità arancione per bracci escavatori CASE Construction, tonalità giallo per bracci escavatori New Holland Construction. Per questo motivo, a valle

dell'attività di *painting* nell'area di buffer ci saranno bracci escavatori CASE Construction e bracci escavatori New Holland Construction.

		WIP excavator boom (pezzi)			WIP excavator arm (pezzi)		
		Painting	*Machining*	*Welding*	*Painting*	*Machining*	*Welding*
MHEX 1.7	Case	13	17	0	12	9	15
	NH	0			10		
MHEX 1.8	Case	13	9	4	7	2	4
	NH	3			12		
MHEX 2.6	Case	9	14	0	12	12	7
	NH	1			6		
MHEX 3.3 - 3-7	Case	16	17	9	18	11	3
	NH	10			4		
		65	**57**	**13**	**81**	**34**	**29**

Tabella 3.6 Livello di WIP di bracci escavatori

Successivamente, sono stati raccolti dati da *inbound logistics* e *outbound logistics* per poter compilare la sezione della VSM inerente al fornitore e al cliente.

Per quanto riguarda gli approvvigionamenti, la dimensione del lotto di fornitura varia in base al fornitore, il quale fissa una dimensione del lotto minimo di produzione e lo stabilimento, in base alle necessità di produzione, può acquistare a partire dalla dimensione minima. Circa il 95% degli approvvigionamenti è consegnato da Hyundai Construction Equipment il quale, per le forniture principali (cabine e motori), propone allo stabilimento di San Mauro lotti minimi di 12 pezzi per le cabine e mediamente di 4 pezzi per i motori. Per i materiali di *Fabrication* non vi è un lotto minimo di consegna, lo stabilimento ordina di volta in volta in base al fabbisogno produttivo. Per quanto riguarda invece il *delivery lead time*, ovvero il tempo che intercorre tra la ricezione dell'ordine da parte del fornitore (*Order Entry Date*), e la consegna del materiale presso lo stabilimento, esso dipende dalla locazione del fornitore. Per Hyundai Construction Equipment, il *delivery lead time* è pari a 133 giorni, di cui 42 di trasporto nel caso di cabine e 28 giorni di trasporto nel caso di motori; le cabine vengono consegnate al magazzino dello stabilimento 10 giorni prima dell'inizio della produzione, mentre i motori 5 giorni prima. Il *delivery lead time* dei fornitori provenienti da altre zone asiatiche è pari a 119 giorni, il materiale ordinato viene consegnato al magazzino dello stabilimento di San Mauro 10 giorni prima dell'inizio della produzione. Infine, per quanto riguarda le forniture locali, in particolare i fornitori dei materiali destinati alle lavorazioni dell'area *Fabrication*, il *delivery lead time* è pari a 28 giorni, per il fornitore Carpenfer S.p.a, e a 35 giorni per il fornitore MMC Metalmeccanica, e i materiali sono consegnati al magazzino dello stabilimento 10 giorni prima dell'inizio della produzione.

Per quanto riguarda le spedizioni ai clienti, l'area di *outbound logistics* dello stabilimento di San Mauro si occupa di destinare il prodotto finito al cliente. Relativamente ai trasporti in zona

Europa, lo stabilimento di San Mauro non applica politiche di lottizzazione, ovvero le macchine vengono spedite via terra ogni qualvolta un prodotto viene fatturato. Per le spedizioni in Nord America, America Latina e Asia, vengono utilizzati i container per il trasporto via mare; in questi casi il lotto di spedizione ha la dimensione media di quattro macchine. I tempi di trasporto variano, ovviamente, in base alla distanza del *dealer* dal *plant*. Per quanto concerne le consegne via terra in Europa, per le distanze maggiori, i tempi consegna sono pari a circa 25 giorni, per i dealer più vicini invece il trasporto può impiegare anche solo 3 giorni. Per le consegne oltre Europa i tempi di transito, in base alle differenti rotte, variano dai 20 ai 40 giorni per le rotte attraverso l'oceano Atlantico, dai 30 ai 50 giorni per le consegne in territorio asiatico.

3.2.2 "AS-IS" Map

Una volta raccolte tutte le informazioni necessarie, si è iniziata la fase vera e propria di mappatura del *Value Stream*. Sono state realizzate tre *Current State Map* per mappare il flusso di valore creato dalla produzione dei diversi modelli di mini escavatore prodotti dallo stabilimento in oggetto. In particolare, i modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8 sono rappresentati da un'unica *Current State Map*, poiché i tempi di processamento coincidono. Per la stessa ragione è stata realizzata un'unica *Current State Map* per i modelli MHEX 3.3 e 3.7 e, infine, la *Current State Map* del modello MHEX 2.6.

In Allegato 1 è rappresentata la "AS-IS" *Map* dei modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8. Il dipartimento di *Sales and Operation Planning* (S&OP), si occupa della raccolta degli ordini su base mensile. Il sistema di produzione del *plant* San Mauro è *Make to Order*: l'articolo viene prodotto dopo che è stato ordinato da parte del cliente. La domanda è abbastanza stabile durante l'anno, non subisce grosse fluttuazioni ed ammonta a circa 320 mini escavatori al mese. Viene quindi realizzata la pianificazione della produzione ancora su base mensile da chi si occupa di *Production and Delivery Planning*. Questo dipartimento comunica l'*Order Collection*, ovvero la raccolta ordini, su base settimanale al dipartimento che si occupa di *Production Control*, il quale definisce e trasmette, a chi supervisiona la produzione, la schedulazione giornaliera delle attività. Il trasferimento di queste informazioni avviene attraverso il sistema informativo *Enterprise Resource Planning* (ERP). Nel processo di realizzazione del mini escavatore sono coinvolte sette fasi produttive (già descritte dettagliatamente nel Capitolo 2): *welding*, che consiste nell'attività di assiematura e saldatura; *machining*, in cui rientrano le attività di lavorazione meccanica di precisione e finitura dei componenti; *painting*, che racchiude le fasi della verniciatura; *assembly*, *testing*, *finishing* e *shipping*.

Per rendere chiara la comprensione dei dati presenti sulle diverse *Current State Map*, consideriamo la prima attività sul componente *excavator arm* in Allegato 1. In questa fase produttiva sono impiegati 3 operai a turno, per un totale di 2 turni al giorno; l'attività di *welding* sul braccio di scavo ha un C/T pari a 137 minuti e C/O pari 20 minuti totali, di cui 10 minuti per il riattrezzaggio dei macchinari di assiematura e 10 minuti per il riattrezzaggio degli utensili di saldatura manuale. Su un turno lavorativo di 8 ore è stato considerato un *planned down time* di 60 minuti, quindi il tempo disponibile per la produzione risulta essere pari a 25.200 secondi. La percentuale di *Uptime* è stata calcolata secondo la formula (1.3):

$Uptime = 800 \text{ min} \div 840 \text{ min} = 95{,}24\%$

dove, *Available production time* e *Operating time* sono stati calcolati secondo le formule (1.2) e (1.4):

$Available\ prod.time = (480 \text{ min} \times 2 \text{ turni/giorno}) - (60 \text{ min} \times 2 \text{ turni/giorno}) = 840 \text{ min}$

$Operating\ time = 840 \text{ min} - (20 \text{ min} \times 2 \text{ turni/giorno}) = 800 \text{ min}$

Per quanto riguarda invece il dimensionamento dei buffer, oltre alla dimensione media in termini di unità, è stata calcolata la dimensione media del buffer temporalmente, per poter misurare la quantità di non valore aggiunto in termini di tempo. Per capire il tempo medio di stazionamento dei semilavorati nelle zone di buffer, è stata considerata la quantità di semilavorati che mediamente staziona nella zona di buffer rispetto alla quantità di pezzi giornalmente lavorata. Quindi è stato ottenuto il seguente tempo medio di giacenza a valle dell'attività di *welding*:

$\text{tempo di giacenza (buffer)} = \text{WIP (pezzi)} \div \text{processed amount} = 19 \div 5 = 3{,}55 \text{ giorni}$

Dove, il valore *processed amount* è stato calcolato come il rapporto tra il tempo di produzione disponibile e il tempo di lavorazione necessario a realizzare un pezzo.

Quindi, mediamente, un braccio di scavo del modello MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), staziona in una zona di buffer per un periodo di tempo pari a circa 3,55 giorni, per poi essere prelevato e sottoposta alla fase di lavorazione successiva.

Allo stesso modo sono stati eseguiti i calcoli su tutte le altre fasi produttive relativamente a tutti i componenti e al prodotto finale.

Nella *timeline*, raffigurata sotto i *processing box* e sotto i triangoli delle scorte, è descritto il tempo; esso è classificato in *Value-Added* (VA) e *Non Value-Added* (NVA): il primo è il tempo utilizzato per svolgere le attività che aumentano il valore del prodotto finito, il secondo, al contrario, rappresenta il tempo in cui non si sta aggiungendo valore, ed è quindi uno spreco. Una volta misurati e indicati questi tempi, essi vengono sommati per ottenere sia il valor medio del tempo VA totale che il *lead time* medio di produzione (comprendente sia i tempi NVA che

quello VA), che rappresenta il tempo impiegato dal pezzo per attraversare fisicamente la fabbrica dall'attimo di arrivo delle materie prime all'attimo di spedizione al cliente.
Essendo il processo di realizzazione del mini escavatore formato da flussi paralleli con durate differenti, come si può vedere in ogni *Current State Map* realizzata e rappresentata in allegato a questa tesi, il *lead time* di produzione totale corrisponderà alla durata del percorso con *lead time* di produzione più lungo.
Ne deriva che il *lead time* di produzione, per la realizzazione di un mini escavatore MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), è pari a 24,60 giorni di cui soltanto 3099,44 minuti (che corrispondono a 4,93 giorni), rappresentano valore aggiunto (Allegato 1).
In Allegato 2 è rappresentata la VSM del modello MHEX 2.6. Si ha che il *Lead time* di produzione è pari a 25,45 giorni, di cui 3434,69 minuti (che corrispondono a 5,20 giorni), rappresentano valore aggiunto.
Infine, per il modello MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), il *Lead time* di produzione risulta essere pari a 24,62 giorni, di cui 3457,93 minuti (che corrispondono a 5,21 giorni), di attività a valore aggiunto (Allegato 3).
Quindi, in sintesi:

Modello di mini escavatore	Tempo NVA	Tempo VA	*Lead time* di produzione
MHEX 1.7 (e MHEX 1.8)	19,40 giorni	5,20 giorni	24, 60 giorni
MHEX 2.6	20,25 giorni	5,20 giorni	25,45 giorni
MHEX 3.3 (e MHEX 3.7)	21,41 giorni	5,21 giorni	24,62 giorni

Tabella 3.7 Tempo NVA, tempo VA e *lead time* di produzione attuali di ogni modello di mini escavatore

Infine, per valutare le prestazioni dell'area *Fabrication*, oggetto di analisi, dei modelli MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), MHEX 2.6, MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), è stato calcolato l'indice OEE. Per il calcolo di questo indicatore, sono stati quantificati, per ogni linea di produzione, i valori di *Availability*, *Performance* e *Quality* delle fasi produttive *welding* e *machining*. I primi due fattori sono stati ricavati dalle formule (6) e (7), utilizzando i dati ricavati attraverso l'analisi delle fasi produttive presso l'officina di San Mauro. Per quanto riguarda, invece, il fattore *Quality*, non è stato possibile ottenere dati in modo empirico e, dunque, è stato ipotizzato un valore pari a quello target del 99,00% (Tabella 3.8).

		MHEX 1.7-1.8				MHEX 2.6				MHEX 3.3-3.7			
		Availability	*Performance*	*Quality*	*OEE*	*Availability*	*Performance*	*Quality*	*OEE*	*Availability*	*Performance*	*Quality*	*OEE*
Upper frame	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	97,70%	94,10%	99,00%	**91,02%**	97,70%	96,26%	99,00%	**93,11%**	97,70%	96,26%	99,00%	**93,11%**
Lower frame	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	97,70%	85,16%	99,00%	**82,37%**	97,70%	85,16%	99,00%	**82,37%**	97,70%	85,78%	99,00%	**82,97%**
Excavator arm	Welding	95,24%	91,62%	99,00%	**86,39%**	95,24%	92,68%	99,00%	**87,39%**	95,24%	92,35%	99,00%	**87,07%**
	Maching	98,16%	94,18%	99,00%	**91,53%**	98,16%	94,68%	99,00%	**92,01%**	98,16%	95,21%	99,00%	**92,52%**
Excavator boom	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$	
	Welding	95,24%	91,62%	96,06%	**83,82%**	95,24%	92,68%	96,06%	**84,79%**	95,24%	92,35%	96,06%	**84,49%**
	Machining	93,70%	75,47%	96,06%	**67,93%**	93,70%	77,61%	96,06%	**69,86%**	93,70%	78,62%	96,06%	**70,76%**

Tabella 3.8 Indici di prestazione delle fasi produttive *welding* e *machining*

Emerge che, mentre l'OEE della fase *welding* è prossimo al valore target 85%, la fase *machining* risulta essere meno efficiente, a causa del basso valore dell'indice *Performance*, e ciò può essere attribuito agli sprechi presenti in quest'area di lavoro che non consentono di ottenere un flusso produttivo efficiente.

3.2.3 Analisi dei buffer e individuazione dei componenti critici

Una volta realizzata la *Current State Map* dell'intero *Value Stream* dei diversi modelli di mini escavatore, l'analisi è stata incentrata sui buffer presenti nell'area *Fabrication*, poiché, come detto nel Par. 3.1, rappresenta la principale zona da migliorare.

È evidente che, data la presenza di buffer, le attività dell'intero processo produttivo del mini escavatore non risultano sincronizzate. Secondo la teoria WCM dello step 4 del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*, se non vi è sincronizzazione tra le attività vuol dire che nel processo produttivo sono presenti dei vincoli di produzione. Osservando il *lead time* di produzione dei diversi modelli di mini escavatore, emerge, innanzitutto, l'alto livello di *inventory* del flusso di materiali *inbound*: i materiali utili all'attività di *Fabrication* giacciono in magazzino per un tempo pari a circa dieci giorni, prima di entrare nel sistema produttivo.

Concentrandosi, quindi, sui flussi dei singoli elementi costituenti il mini escavatore, lungo le zone di lavorazione precedenti la fase di assemblaggio, e quindi dall'inizio fino al termine dell'attività *painting* (vedi le porzioni di *Current State Map* in Figura 3.2, Figura 3.3 e Figura 3.4), ed escludendo il periodo di giacenza in magazzino prima dell'inizio della produzione, è emerso che:

- il componente braccio *excavator arm* New Holland Construction è l'elemento più critico per il modello di mini escavatore MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), in quanto presenta il maggiore *lead time* di produzione. Infatti, sommando il tempo medio totale di giacenza (tempo NVA), e il tempo VA, la durata che il componente impiega dall'inizio dell'attività *welding* alla fine dell'attività *painting* è pari a 8,22 giorni (al netto dei 10 giorni di giacenza in magazzino), di cui 7,85 giorni di giacenza media totale (come si può vedere in Figura 3.2).
- il componente *upper frame* è l'elemento più critico per il modello di mini escavatore MHEX 2.6, in quanto presenta il maggiore *lead time* di produzione. Infatti, sommando il tempo medio totale di giacenza e il tempo VA, il tempo che il componente impiega dall'inizio dell'attività *Welding* alla fine dell'attività *Painting* è pari a 9,08 giorni (al netto dei 10 giorni di giacenza in magazzino), di cui 8,44 giorni di giacenza media totale (come si può vedere in Figura 3.3)
- il componente *upper frame* è l'elemento più critico per il modello di mini escavatore MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), in quanto presenta il maggiore *lead time* di produzione. Infatti, sommando il tempo medio totale di giacenza e il tempo VA, il tempo che il componente impiega dall'inizio dell'attività *Welding* alla fine dell'attività *Painting* è pari a 8,25 giorni (al netto dei 10 giorni di giacenza in magazzino), di cui 7,60 giorni di giacenza media totale (come si può vedere in Figura 3.4)

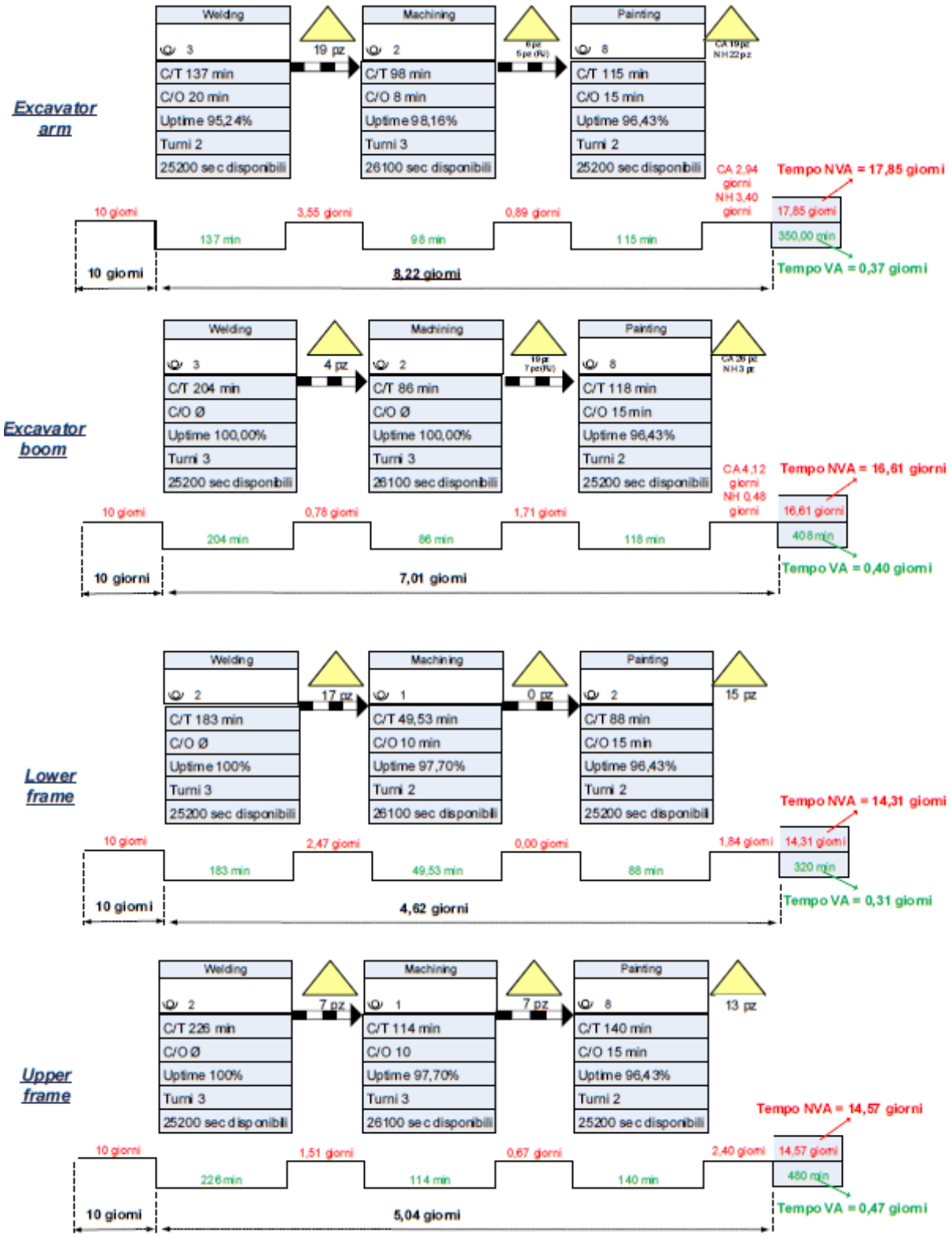


Figura 3.2 Porzione di *AS-IS Map* del modello MHEX 1.7 (e MHEX 1.8)

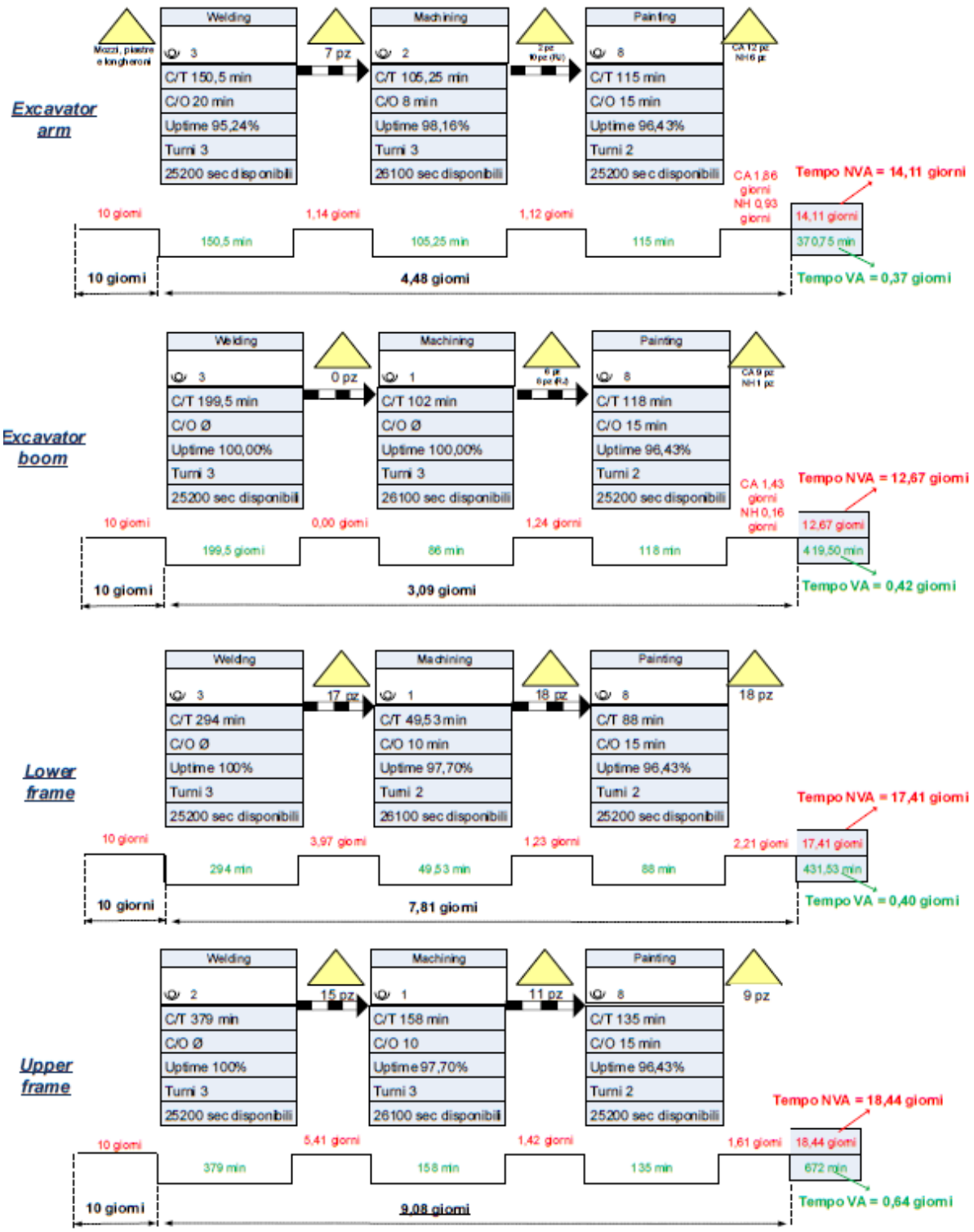


Figura 3.3 Porzione di *AS-IS Map* del modello MHEX 2.6

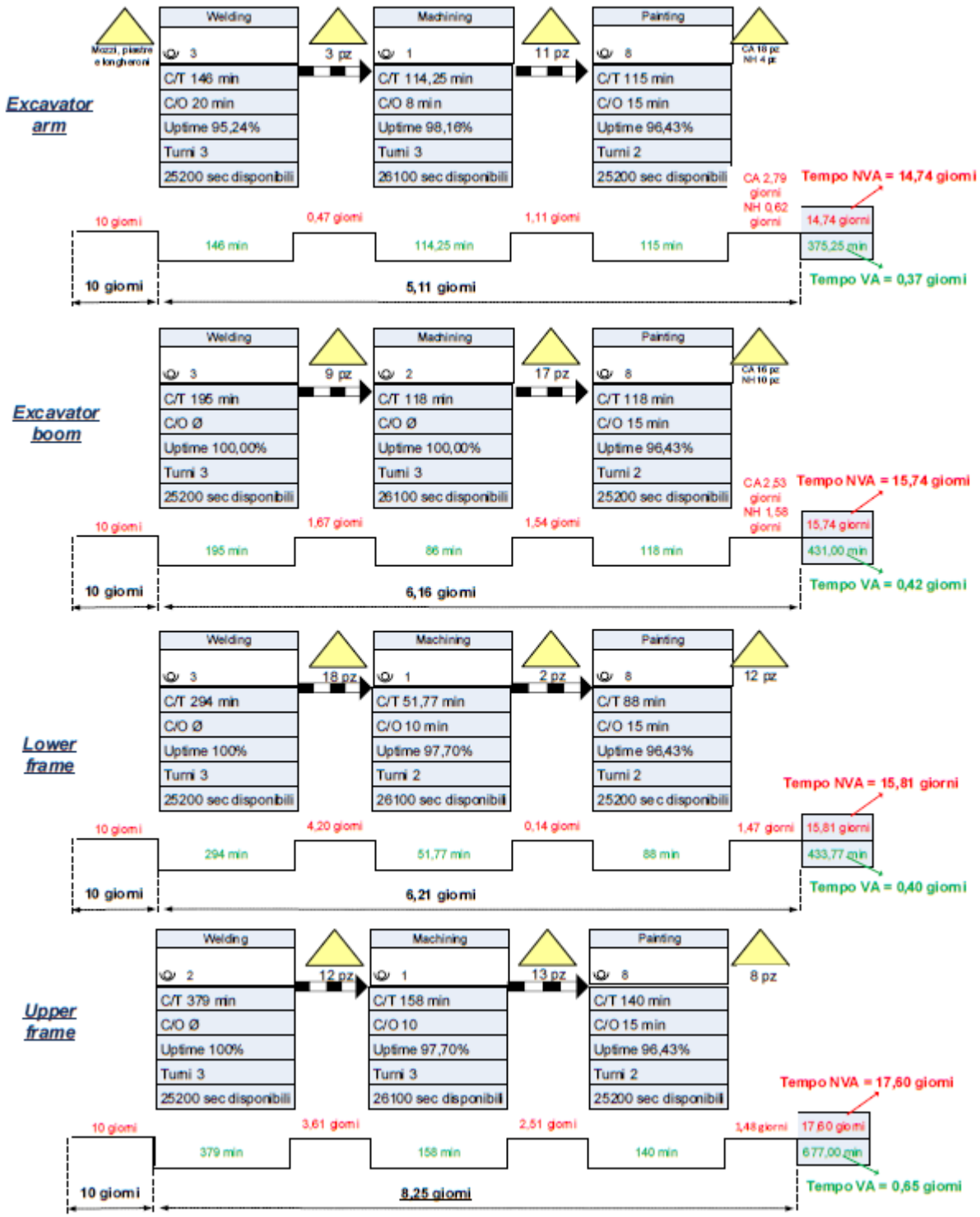


Figura 3.4 Porzione di *AS-IS Map* del modello MHEX 3.3 (e MHEX 3.7)

A supporto dell'analisi e dei componenti critici individuati, si consideri la sequenza produttiva schedulata per una giornata lavorativa mostrata in Figura 3.5. Il quadro sinottico è estratto dal *Manufacturing Operations Management System* (MOMS), che lo stabilimento di San Mauro utilizza per monitorare in tempo reale lo stato di avanzamento delle lavorazioni, fino alla fase

di verniciatura. Entro la giornata, tutti i P/N mostrati dovrebbero aver concluso le lavorazioni di finitura meccanica (*offline* finitura), ma notiamo che ciò non è verificato per molti codici.

Stato Leggenda

Bracci	offline verniciatura	inline verniciatura	offline finitura	offline carpenteria	inline carpenteria	Kit rilevato	kit ril. mancante	kit non rilevato
telai	offline verniciatura	inline verniciatura	offline finitura	offline carpenteria	inline carpenteria	Kit rilevato	kit ril. mancante	kit non rilevato

in time
advance (a)
delay (d)

Sequence Date	Sequence Number	Model	Mono braccio Vern.	Mono braccio completo	a\d	Braccio di scavo Vern.	Braccio di scavo completo	a\d	p	Telaio Inferiore Vern.	Telaio Inferiore completo	Telaio Inferiore *body-on-frame*	a\d	Telaio Superiore Vern.	Telaio Superiore Completo	a\d	p
13/02/2018	1	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	2	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48023949	47992473			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	3	TT E26C CANOPY	48005542	47991653		47991688	47991655			47991245	47991739	47991246		48061052	47991731		
13/02/2018	4	TT E26C CANOPY	48005542	47991653		47991688	47991655			47991245	47991739	47991246		48061052	47991731		
13/02/2018	5	TT E37C CANOPY	48025630	47992920		48025252	47992467			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	6	TT CX37C CANOPY	48025628	47992920		48025240	47992467			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	7	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	8	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48023949	47992473			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	9	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48025480	47992471			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	10	TT CX26C CAB	48005540	47991653		47991327	47991657			47991245	47991739	47991246		48061052	47991731		
13/02/2018	11	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	12	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	13	TT CX26C CAB	48005540	47991653		47991327	47991657			47991245	47991739	47991246		48061052	47991731		
13/02/2018	14	TT CX26C CAB	48005540	47991653		47991327	47991657			47991245	47991739	47991246		48061052	47991731		
13/02/2018	15	TT CX33C CANOPY	48029710	47992465		48025240	47992467			47992135	47992379	47992136		48065854	47992372		
13/02/2018	16	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48025240	47992467			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	17	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	18	TT CX17C CANOPY	48009764	47990547		48013900	47990551			48084765	48084766	47990085		48086812	48086751		
13/02/2018	19	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48023949	47992473			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		
13/02/2018	20	TT CX37C CAB	48025628	47992920		48025240	47992467			47992730	47992871	47992731		48060254	47992866		

Figura 3.5 Quadro sinottico dello stato di avanzamento lavorazioni in area *Fabrication* e *Painting* [Fonte: CNHi San Mauro, 2017]

In particolare, è possibile notare che i pezzi in ritardo sono i componenti critici individuati: otto torrette del modello MHEX 3.7 e sei bracci *excavator boom* del modello MHEX 1.7 sono in ritardo poiché non è stato rilevato il kit necessario alla lavorazione. Alla luce di quanto emerso, sono state fatte diverse visite in *Gemba* (termine usato in ambito WCM per indicare il luogo in cui si crea valore aggiunto, dove avvengono le trasformazioni), per andare a capire quali vincoli di produzione determinano i diversi livelli di buffer individuati.

3.2.4 Analisi dei vincoli di produzione

Prima di fornire la descrizione dei vincoli presenti nelle fasi produttive è utile ricordare le differenti tipologie di vincoli di produzione a cui un sistema produttivo può essere soggetto, descritti nel Capitolo 1 (FCA, 2017):

- Vincoli intrinseci: identificano tutti i processi non livellati e sono visibili attraverso l'analisi dei buffer presenti tra i processi o tra le unità produttive. Essi si dividono in:
  - di prodotto: vincoli legati alle caratteristiche del prodotto, o degli impianti presenti nelle linee di produzione, che impediscono il corretto svolgimento delle attività di produzione
  - tecnologici: vincoli di programmazione dovuti alla capacità degli impianti di gestire diversi mix produttivi
  - di capacità: vincoli legati alla capacità dei fornitori
- Vincoli temporanei: vincoli contingenti, legati a problemi che non si possono controllare o prevedere (sciopero dei fornitori, condizioni climatiche, ritardi nelle consegne delle forniture, e così via).

Nel caso specifico, sono state visitate le aree produttive *welding* e *machining* per capire quali vincoli intrinseci sono presenti nello stabilimento di San Mauro.

Area *Welding*

Come è stato già visto nel Capitolo 2, l'area *welding* consiste nelle fasi di assiematura e saldatura. Per quanto riguarda il componente *lower frame*, l'attività di assiematura non presenta alcun vincolo anzi, essendo la capacità produttiva dei macchinari adibiti all'attività di assiematura maggiore della capacità produttiva dell'impianto utilizzato per la saldatura di finitura, la manodopera viene spostata dalla zona di assiematura a quella di saldatura per poter aumentarne la produttività.

L'attività di finitura del telaio inferiore presenta un vincolo tecnologico, legato quindi al mix produttivo: il macchinario riesce a lavorare su un numero massimo di due telai per turno dello stesso modello (tra i modelli MHEX 2,6, MHEX 3.3 o MHEX 3.7). Ciò vuol dire che, qualora cambiasse la sequenza di prodotti da realizzare, la produttività della macchina si ridurrebbe al punto di riuscire a produrre soltanto un telaio inferiore di un solo modello per turno, a causa del riattrezzaggio del macchinario. In questo caso si avrebbe un collo di bottiglia (*bottleneck*), cioè un processo che, a causa della sua scarsa capacità produttiva, genera un rallentamento all'intero flusso dei materiali. Per i modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8, invece, non esistono vincoli tecnologici sui macchinari adibiti alle loro lavorazioni. Qualora si presenti un incremento o una variazione di produzione, il personale dello stabilimento si adopera a livellare la produzione di questi modelli aumentando il numero di operatori che arrivano da altre aree di lavorazione.

Per quanto riguarda il componente *upper frame*, la capacità produttiva degli impianti, per turno, dell'area *welding* è pari a tre torrette MHEX 1.7 o MHEX 1.8, due torrette MHEX 2.6 e due torrette MHEX 3.3 o MHEX 3.7. Anche qui non esistono vincoli tecnologici sui macchinari, in quando ogni macchinari è dedicato alla realizzazione di una sola tipologia di torretta.

Per quanto riguarda le attività di *welding* sui componenti *excavator arm* ed *excavator boom*, gli operatori hanno dichiarato di non aver vincoli di alcun tipo durante la fase di assiematura, mentre sono presenti dei limiti di produzione durante la fase di saldatura finale.

In particolare, il vincolo è rappresentato da un macchinario adibito alla lavorazione sia di bracci *excavator arm* che di bracci *excavator boom* dei modelli MHEX 2.6, MHEX 3.3 e MHEX 3.7. Mentre per i modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8 esistono due differenti macchine, una adibita alla lavorazione dei bracci *excavator arm* e una adibita alla lavorazione dei bracci *excavator boom*, per gli altri modelli c'è solo un impianto che esegue lavorazioni di saldatura finale su entrambe le tipologie di bracci e ciò, ovviamente, porta a dei vincoli tecnologici poiché se il mix produttivo schedulato per il turno cambia, si avranno dei cali di produttività dovuti alla necessità di riattrezzare la macchina per adattarla alla lavorazione che dovrà eseguire.

Quindi, riassumendo, nell'area *welding* sono presenti i seguenti vincoli intrinseci:

- vincolo di tipo tecnologico sulla produzione dei modelli MHEX 3.3 e MHEX 3.7 del componente telaio inferiore
- vincolo di tipo tecnologico sulla produzione dei modelli MHEX 2.6, MHEX 3.3 e MHEX 3.7 dei componenti *excavator arm* ed *excavator boom*.

Un altro problema dell'area *welding*, in particolare della zona di assiematura delle torrette, ha un aspetto puramente logistico: i kit che vengono consegnati ai diversi punti di utilizzo non sono organizzati in base alle necessità delle postazioni di lavoro, né in termini di quantità né in termini di tipologia di P/N.

Area *Machining*

Come è stato già detto, nello *shop floor* di San Mauro, la zona di lavorazione meccanica è divisa in due grandi aree, una dedicata alla lavorazione meccanica delle torrette e dei telai e l'altra dedicata alla lavorazione meccanica delle due tipologie di braccio escavatore.

La macchina dedicata alla lavorazione del componente *lower frame* è una macchina che ha un sistema di taglio a getto d'acqua (*waterjet*), ciò significa che il processo di smerigliatura è fatto con getto di liquido ad alta velocità che lascia un bordo perfettamente liscio da non richiedere lavorazioni secondarie (ad esempio la rimozione del truciolo). La cosa più importante è rappresentata dal fatto che l'attrezzaggio è unico per tutti i materiali, quindi tra la lavorazione di un modello di telaio inferiore e un altro non vi è necessità di attrezzare nuovamente la macchina. Ciò vuol dire che non vi sono vincoli tecnologici, ovvero legati al cambiamento del mix produttivo. L'area di lavorazione meccanica dei telai non rappresenta un collo di bottiglia, e ciò trova riscontro in Tabella 3.9, Tabella 3.10 e Tabella 3.11 dove è possibile verificare che il telaio inferiore, di ogni modello di mini escavatore, è il componente con il minor tempo di giacenze a valle dell'attività *machining*.

Ciò non può essere detto per il componente *upper frame*. Le macchine di lavorazione meccanica utilizzate per lavorare questo elemento sono tre, una dedicata alla lavorazione delle torrette dei modelli MHEX 1.7 e MHEX 1.8, una dedicata alla lavorazione delle torrette dei modelli MHEX 2.6, MHEX 3.3, MHEX 3.7 e l'ultima dedicata alla lavorazione di tutti i modelli. Per quanto riguarda le prime due macchine, non sono presenti vincoli né di prodotto né tecnologici, nella terza macchina invece vi è un vincolo tecnologico, in quanto in base al mix produttivo essa cambia la sua produttività.

Per quanto riguarda l'area *machining* dei bracci *excavator arm* ed *excavator boom*, qui vengono lavorati tutte le tipologie di braccio escavatore, che variano in base al tonnellaggio, alla lunghezza del braccio e al tipo di benna che poi verrà montata.

L'area di lavorazione meccanica dei bracci escavatori non presenta vincoli intrinseci.
Quindi, riassumendo, nell'area *machining* è presente il seguente vincolo intrinseco:

- vincolo di tipo tecnologico sulla produzione di tutti i modelli MHEX del componente torretta.

Un altro problema dell'area *machining*, in particolare della zona di lavorazione meccanica del braccio escavatore, ha un aspetto puramente logistico: anche qui, come nella zona di assiematura delle torrette, non è ben implementata l'attività di *kitting*.

3.2.5 "TO-BE" Map

La *Future State Map* ha come obiettivo quello di realizzare un flusso di produzione dove i processi individuali sono collegati con i clienti da un flusso continuo o trainante (*pull*), e ciascun processo dovrebbe avvicinarsi il più possibile alla produzione di solo ciò di cui il cliente ha bisogno, nel momento giusto. Rimossi gli sprechi, le azioni seguenti potranno riguardare la tecnologia, il design del prodotto e i problemi di posizionamento. (Rother e Shook, 1999). La *Future State Map* proposta allo *shop floor* di San Mauro rappresenta la visione di un flusso di valore futuro, dopo l'applicazione dei miglioramenti suggeriti.
Dopo aver percorso e analizzato in *Gemba*, le inefficienze logistiche e i vincoli di produzione presenti nell'area di *Fabrication*, esposte nel Par. 3.2.4, sono state elaborate alcune proposte di miglioramento da applicare ai cammini critici descritti nel Par 3.2.3.
Tali suggerimenti non possono essere realizzati soltanto dal team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*, ma vi è la necessità di iniziare forte collaborazioni con i team di altri pilastri tecnici. Mentre il team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* si impegnerà a consentire un flusso dei materiali efficiente, riducendo le scorte e migliorando la movimentazione dei materiali, i team dei pilastri tecnici *Workplace Organization, Autonomous Maintenance* e *Professional Maintenance* dovranno impegnarsi a collaborare al fine di ottenere i primi risultati che permetteranno al *plant* di assicurarsi il flusso di valore descritto nella "TO-BE" *Map*.
Il punto di partenza per la realizzazione di una *Future State Map* che permetti la sincronizzazione del sistema produttivo con il cliente, è rappresentato dal calcolo del *Takt time*. Utilizzando la Formula (1.1), calcoliamo il *Takt time* del processo produttivo del mini escavatore:

Takt time = 430 min/turno ÷ 16 pezzi al giorno = 27 min

Considerando un tempo medio di produzione disponibile pari a 430 minuti a turno, e un *daily demand* pari a 16 mini escavatori (320 pz al mese ÷ 21 giorni ≃ 16 pz al giorno), nella situazione ideale la stazione produttiva più lenta dell'intero processo produttivo (*bottleneck*), dovrebbe avere un tempo di ciclo molto prossimo al *Takt time*, con le dovute attenzioni ai *planned down time*, ai tempi C/O e ad eventuali problemi di qualità.

Prima proposta di miglioramento

La prima proposta di miglioramento riguarda il cammino critico del processo produttivo del mini escavatore MHEX 1.7 (e MHEX 1.8).

È emerso, dalle visite svolte in *Gemba*, che non esistono vincoli tecnologici sugli impianti che realizzano il componente critico (braccio *excavator arm* New Holland Construction), ma che sono presenti delle inefficienze logistiche nel reparto di lavorazione meccanica del braccio escavatore. Quindi, essendo la zona *machining* del braccio escavatore, caratterizzata da un ambiente ingombrante, è stato consigliato l'applicazione del *tool* 5S (vedi Capitolo 1, Par 1.5), con maggiore enfasi sulla *seconda S* (*Seiton* – riordinare), per ottimizzare gli standard di lavoro e quindi per il migliorare le performance operative.

Per attuare il suggerimento di miglioramento, occorrerà avviare una collaborazione tra il team di *Logistics and Customer Service* e il team di *Workplace Organization*, poiché quest'ultimo pilastro tecnico ha l'obiettivo di migliorare l'organizzazione e l'efficienza della postazione di lavoro.

Per mettere in pratica la prima *S* (*Seiri* - Separare), gli operatori dovranno occuparsi di separare ciò che serve da ciò che crea disordine, e dunque spreco. Il modo per farlo è rappresentato dall'utilizzo della strategia "*red-tag*": creare uno spazio definito "*red-tag area*" in cui deporre tutti quegli oggetti che gli operatori del reparto *machining*, reputano non funzionali all'attività lavorativa. I fattori da tenere in considerazione per valutare gli oggetti presenti nella postazione di lavoro riguardano: il possibile utilizzo di un oggetto nel corso delle attività lavorative; la frequenza con cui un oggetto viene utilizzato e la quantità di oggetti utilizzata per svolgere il lavoro. I membri dei team *Logistics and Customer Service* e *Workplace Organization* e gli operatori del reparto *machining*, apporranno sugli oggetti ritenuti potenzialmente non necessari, dei cartellini rossi, li depositeranno nella "*red-tag area*", osserveranno, per un periodo di tempo prestabilito, il flusso degli oggetti "*red tag*" e valuteranno quali oggetti risultano effettivamente non funzionali.

Il secondo passo consiste nella messa in atto della seconda *S* (*Seiton* – Riordinare). È stata consigliata una maggiore enfasi su questo passo dello strumento 5S, in quanto la corretta implementazione permette di eliminare molti sprechi di tempo che si verificano durante lo svolgimento delle attività produttive, e quindi aiuterebbe ad eliminare gli sprechi di tempo che si verificano nell'area di *machining* ogni volta che un operatore si reca a cercare la tipologia di P/N necessaria alla lavorazione che deve svolgere. Innanzitutto, occorre decidere un'adeguata posizione di tutti gli oggetti e degli attrezzi da lavoro.

In questa fase il team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* dovrà occuparsi di classificare e ordinare tutti gli oggetti utili alla lavorazione (bulloni, viti, e così via), invece, il team del pilastro tecnico *Workplace Organization* si dovrà occupare di collocare gli attrezzi da lavoro in zone funzionali all'operatore.

In particolare, per ordinare gli oggetti, i membri del team del primo pilastro tecnico, dovranno far in modo che venga implementata la corretta attività di *Kitting*. Preparare i giusti kit che andranno consegnati negli appositi punti di utilizzo nell'area di lavorazione meccanica aiuterà a ridurre il tempo NVA che l'operatore spreca durante la ricerca del pezzo utile alla lavorazione che deve svolgere.

Solo i P/N che appartengono alle classi A.A.3, A.C e B.2 potranno essere organizzati in kit, per le altre classi è prevista l'attività di *Sequencing* (vedi Capitolo 1, Par. 1.6.1).

Dovrà essere definita una *kitting area*, in cui degli operatori dedicati (*picking operators*), andranno a preparare il kit che dovrà essere consegnato, prossima al reparto di lavorazione meccanica del braccio escavatore. Questi interventi avranno lo scopo di implementare la logica *pull* nel flusso di materiale.

Molto importante è la fase di progettazione del kit: esso dovrà contenere adeguati compartimenti in cui andranno posizionati i diversi codici e, su ogni compartimento, dovrà essere riposto un cartellino con su scritto il codice della tipologia di P/N che vi è contenuto. In questo modo, poiché ogni tipologia di P/N ha il proprio compartimento nel kit, e su ogni compartimento vi è un codice identificativo, l'operatore non perderà più tempo a cercare il giusto pezzo, in quanto basterà semplicemente leggere l'etichetta dei diversi compartimenti per capire subito dove prelevare il P/N utile alla lavorazione che deve svolgere.

Il team *Workplace Organization* si occuperà, invece, di analizzare i movimenti svolti da ogni operatore (utilizzando lo strumento WCM *Spaghetti Chart*, vedi Capitolo 1, Par. 1.4), valutandone il cammino attuale e proponendo agli operatori nuove sistemazioni dei macchinari in modo da eliminare gli sprechi di tempo causati dai movimenti superflui. Grazie all'analisi della postazione di lavoro e dei movimenti degli operatori, il team di questo pilastro tecnico

aiuterà il team di *Logistics and Customer Service* a decidere quali aree, vicine alla postazione di lavoro, saranno adibite ad ospitare i diversi equipaggiamenti. Sul pavimento, quindi, verranno indicati i percorsi da seguire e disegnati i confini entro cui verranno depositati i vari kit. L'area che ospiterà il kit, sarà divisa in due sezioni: una in cui i *picking operators* consegneranno i contenitori pieni posizionandoli entro determinati confini segnati accanto al punto di utilizzo; l'altra sezione ospiterà i kit vuoti, riposti lì dall'operatore.

Il terzo passo consiste nel mantenere l'ordine e la pulizia realizzati (*Seiso* – Pulire). Bisogna mantenere ordine e pulizia, in modo tale che tutti gli oggetti e gli attrezzi risultino sempre disponibili. Per far sì che ciò si verifichi è necessario che si assegnino delle responsabilità: ogni operatore ha la responsabilità della pulizia della postazione di lavoro che occupa. Periodicamente le postazioni dovranno essere ispezionate per verificare lo stato di mantenimento di ordine e pulizia.

La quarta *S* (*Seiketsu* – Standardizzare), rappresenta il risultato della corretta implementazione dei precedenti passi e serve a rendere i primi tre step un'abitudine quotidiana. Per far sì che ciò si verifichi, occorre definire, tra gli operatori, i responsabili operativi dei processi che avranno il compito di controllare che le procedure di Separare, Riordinare e Pulire siano applicate in modo corretto. Per far ciò, ogni responsabile potrà compilare una *checklist*, su cui annotare lo stato di applicazione delle 5S di ogni postazione di lavoro.

Il quinto step (*Shitsuke* – Sostenere), consiste nel mantenere nel tempo le procedure messe in atto. Il sistema, infatti, funzionerà a lungo solo se tutti, non solo gli operatori dei reparti, si impegneranno a sostenere la giusta linea di condotta. Infatti, dovrà essere l'azienda a predisporre le condizioni ideali affinché possa verificarsi un giusto mantenimento del sistema 5S. Alcuni strumenti utilizzati a tal fine sono: *newsletters*, piccoli manuali, slogan, poster o foto dimostrative posizionate nei diversi corridoi o reparti dell'officina.

Si suggerisce, inoltre, di agire sul cammino critico dei modelli di mini escavatore MHEX 2.6 e MHEX 3.3 (o MHEX 3.7), applicando questa prima proposta di miglioramento alle postazioni di lavoro dedicate all'attività di assiematura del reparto *welding* del componente torretta, in modo da eliminare gli ingombri e le inefficienze presenti anche in questa zona di lavoro.

Questa prima proposta di miglioramento permetterà, quindi, agli operatori di lavorare in modo organizzato, migliorerà il clima di lavoro e faciliterà lo sviluppo delle attività, aumentando la produttività ed eliminando le perdite causate dagli sprechi *Unnecessary motion* e *Transportation* che derivavano dalle criticità che hanno portato all'applicazione della metodologia WCM.

In base alle esperienze di altri stabilimenti CNH Industrial, l'applicazione dello strumento 5S e l'implementazione dell'attività di *Kitting*, potrebbe portare ad un'eliminazione del tempo NVA di circa dieci minuti per i componenti meno complessi fino a circa cinque minuti per i pezzi maggiormente complessi, per ogni volta in cui l'operatore si reca a cercare il codice utile alla lavorazione.

Seconda proposta di miglioramento

La seconda proposta di miglioramento riguarda il cammino critico del processo produttivo del mini escavatore MHEX 2.6 e il cammino critico del mini escavatore MHEX 3.3 (e MHEX 3.7). In particolare, la rimozione del vincolo di produzione, dell'area *machining*, che si ha quando si passa dalla produzione della torretta del primo modello di mini escavatore alla produzione della torretta del secondo modello di mini escavatore.

Attualmente, i tempi di attrezzaggio/setup dell'impianto dell'area *machining*, dedicato alla realizzazione di tutti i modelli di torretta, consentono di realizzare due torrette a turno del modello MHEX 2.6, MHEX 3.3 oppure MHEX 3.7 (oppure tre torrette a turno del modello MHEX 1.7 o MHEX 1.8). Essendo la macchina adibita alla realizzazione di tutti i modelli, si ipotizzino diverse combinazioni di del mix produttivo per verificare in quale caso il vincolo tecnologico potrebbe portare ad un calo di produttività, sapendo che il C/O è pari a 10 minuti e che il C/T è pari a 114 minuti per realizzare una torretta del modello MHEX 1.7 (o MHEX 1.8), e a 158 minuti per realizzare una torretta sia del modello MHEX 2.6, che del modello MHEX 3.3 (o MHEX 3.7):

- MHEX 1.7 + MHEX 1.7 + MHEX 1.7 = 342 minuti (massima capacità produttiva)
- MHEX 2.6 + MHEX 2.6 = 316 minuti (massima capacità produttiva)
- MHEX 3.3 + MHEX 3.3 = 316 minuti (massima capacità produttiva)
- MHEX 1.7 + MHEX 1.7 + C/O + MHEX 2.6 = 396 minuti
- MHEX 1.7 + C/O + MHEX 2.6 + MHEX 2.6 = 440 minuti
- MHEX 3.3 + C/O + MHEX 2.6 + C/O + MHEX 1.7 = 450 minuti
- MHEX 2.6 + C/O + MHEX 3.3 + MHEX 3.3 = 484 minuti

Emerge che, se un cambiamento del mix produttivo richiedesse la produzione di diversi modelli di torretta in un turno, non si riuscirebbe a mantenere lo stesso livello di produttività: l'impianto non sarebbe più in grado di garantire tre torrette del modello MHEX 1.7 (o MHEX 1.8), o due torrette degli altri modelli più pesanti.

Per velocizzare il riattrezzaggio dei macchinari, in modo tale che un eventuale cambio della sequenza di produzione non porti a cali di produttività, è stato proposto di applicare lo strumento *Single Minute Exchange of Die* (SMED, vedi Capitolo 1, Par. 1.5). Lo SMED è una tecnica della metodologia WCM che si concentra sull'eliminazione di tutte le attività di setup superflue e sulla riorganizzazione razionale di tutte quelle necessarie restanti, in modo da ridurre il tempo totale di setup al minimo. I risultati attesi dall'implementazione dello SMED sono diversi: riduzione dei tempi di fermo linea e di attrezzaggio, minori errori di attrezzaggio, miglioramento della qualità del prodotto, riduzione degli stock, aumento della flessibilità produttiva (Shingo, 1985). Innanzitutto, occorre suddividere l'intero tempo di setup in setup interno (intervallo di tempo in cui la macchina deve essere fermata, altrimenti non risulta possibile effettuare il riattrezzaggio), e setup esterno (intervallo di tempo in cui gli operatori svolgono attività che possono essere fatte mentre l'impianto è in funzione, come, ad esempio, trasportare gli utensili). I membri dei team dei pilastri tecnici *Focused Improvement* e *Logistics and Customer Service* dovranno occuparsi di:

- individuare i setup interni ed esterni
- convertire il maggior numeri di setup interni in esterni
- migliorare le operazioni di setup interno
- migliorare le operazioni di setup esterno

al fine di controllare tutte le fonti di variazione e le sequenze a non valore aggiunto. Grazie all'applicazione di questo strumento WCM, si potrà ottenere maggiore flessibilità e produttività, e tempi di attrezzaggio/setup ridottissimi (*Quick Changeover*, QCO), inferiori ai dieci minuti. Lo SMED è una tecnica che aiuta ad eliminare l'esigenza di regolazioni su utensili, macchine ed impianti.

In base alle esperienze di altri stabilimenti CNH Industrial, l'applicazione dello strumento SMED ha consentito di ridurre i tempi di setup fino ad ottenere QCO di circa cinque minuti. In questo caso, qualora la schedulazione del mix produttivo prevedesse la lavorazione di modelli di mini escavatore sia leggeri (MHEX 1.7 o MHEX 1.8) che pesanti (MHEX 2.6, MHEX 3.3 o MHEX 3.7), si riuscirebbe a garantire almeno lo stesso livello di produttività del modello di escavatore MHEX 3.3 (o MHEX 3.7), ovvero quello maggiormente richiesto dal mercato.

Terza proposta di miglioramento

La terza proposta di miglioramento riguarda la riduzione dello stock di materiali utili all'attività di *Fabrication*. Per poter ridurre il livello di buffer si suggerisce di realizzare una *supermarket area* (vedi Capitolo 1, Par. 1.6.1), con lo scopo di implementare la logica FIFO.

Creando un sistema di gestione e controllo delle attività basato su *Electronic Kanban*, si potrà garantire la logica JIT e il processo *pull*, sincronizzando le attività tra il *plant* di San Mauro e i fornitori dei materiali utili alle lavorazioni dell'area *Fabrication* (longheroni, piastre e mozzi). Con l'utilizzo di sistemi IT di consegna sincronizzati (*Synchronized Delivery IT Systems*), il *plant* potrà inviare, attraverso il sistema informativo, un segnale ai fornitori per richiedere la consegna degli articoli quando necessario. In questo modo si potrà ridurre lo spreco *Unnecessary inventory*.

Poiché non è stato possibile conoscere il controllo del flusso dei materiali o del livello del magazzino e, quindi, le politiche di gestione delle scorte applicate nello stabilimento di San Mauro, non si è riusciti a stimare la quantità ottima di acquisto che riesca a minimizzare i costi e nemmeno a definire il *Reorder Level*, ovvero il livello prefissato di magazzino al di sotto del quale avviene il riordino dei materiali.

La filosofia JIT sostiene che qualsiasi scorta rappresenti uno spreco e che occorrerebbe raggiungere il livello ideale di "Zero *Inventory*". In realtà, tutte le aziende, anche quelle che operano in ottica JIT, dispongono continuamente di giacenze in magazzino per cautelarsi contro le variazioni della domanda di prodotto e per garantire flessibilità al piano di produzione. Poiché l'indisponibilità dei materiali, quando richiesti, ha un costo per l'azienda, è stato pensato di ipotizzare il tempo medio di giacenza dei materiali del magazzino dell'area *Fabrication*, non pari a zero (situazione ideale in ottica JIT), ma pari a circa cinque giorni. Secondo il personale dello stabilimento di San Mauro che si occupa di *Material planning*, tale tempo medio di giacenza consentirebbe di soddisfare la domanda del mercato e di ridurre al minimo il rischio di *stock out*, in una situazione ideale di zero rischi di approvvigionamento, deterioramento, e di modifiche della produzione.

Sono state realizzate quindi le "TO-BE" *Map* di ogni modello di mini escavatore, che incorporano le proposte di miglioramento appena suggerite (Allegato 4, Allegato 5 e Allegato 6).

3.2.6 Altre proposte di miglioramento

Poiché nell'area *machining* si verificano frequenti guasti, si potrebbero iniziare ad attivare i primi step del percorso di implementazione del pilastro tecnico *Professional Maintenance*. Le attività dei primi tre step, infatti, hanno lo scopo di stabilizzare il MTBF attraverso l'eliminazione e la prevenzione del degrado accelerato, l'analisi dei guasti e la definizione degli standard di manutenzione preventiva, al fine di portare a zero i guasti sulle macchine (vedi Capitolo 1, Par. 1.3.5).

Inoltre, anche l'applicazione degli strumenti del pilastro tecnico *Autonomous Maintenance*, che si concentra sulla prevenzione dei guasti dovuti all'usura delle macchine, potrà consentire di aumentare la vita utile delle macchine localizzate nell'area *machining*, aiutando a tenere puliti gli impianti, segnalare le anomalie sulle macchine e tenendo pulita la postazione di lavoro (vedi Capitolo 1, Par. 1.3.4).

3.3 Risultati attesi

In questo paragrafo verranno descritti i risultati attesi a cui porterebbe l'applicazione della proposta di miglioramento presentata nella "TO-BE" *Map*. In ottica WCM, quando si sceglie di iniziare un nuovo progetto viene utilizzato l'approccio Benefici/Costi (B/C), introdotto dal Professore Yamashina, che guida nella scelta degli investimenti di miglioramento proposti. Affinché un investimento conduca ad un vantaggio aziendale, il rapporto B/C stimato deve essere sempre maggiore di 1 (Yamashina, 1995). Non avendo sufficiente visibilità sulle informazioni relative agli *economics* medi del *plant* di San Mauro, sono stati stimati soltanto i benefici collegati al progetto di miglioramento proposto.

L'applicazione di tutte le proposte di miglioramento porterebbe ad una riduzione del *lead time* medio di produzione di tutti e tre i modelli. Infatti:

- per il modello MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), si otterrebbe un *lead time* di produzione pari a 19,50 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo VA (Allegato 4);
- per il modello MHEX 2.6 si otterrebbe un *lead time* di produzione pari a 20,38 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo VA (Allegato 5);
- per il modello MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), si otterrebbe un *lead time* di produzione pari a 19,49 giorni, mantenendo lo stesso livello di tempo VA (Allegato 6).

Il *lead time* di produzione di tutti i modelli subirebbe una riduzione di cinque giorni, grazie all'applicazione della terza proposta di miglioramento. Altre migliorie si avrebbero con l'implementazione degli altri suggerimenti.
In particolare, per il modello MHEX 1.7 (e MHEX 1.8), considerando un'eliminazione del tempo NVA di circa dieci minuti, come è stato già detto nella prima proposta di miglioramento del Par. 3.2.5, si avrebbe una riduzione del tempo di giacenza di ogni pezzo nell'area di buffer di 80,534 minuti per ciclo produttivo (0,056 giorni).
Infatti, considerando una riduzione di 10 minuti del tempo NVA dell'area di giacenza a monte dell'attività *machining* del braccio escavatore, in un giorno lavorativo, si ottiene:

Processed amount = 840 min/giorno ÷ (137 min/pz + 20 min) = 5,35 pz/giorno

Questo valore rappresenta il numero medio di pezzi che giace nella zona di buffer in attesa di essere sottoposto all'attività di *machining*.

Tempo di giacenza (buffer) attuale = 3,551 giorni

Tempo di giacenza (buffer) atteso = 3,551 giorni - {[10 min/giorno ÷ (480 min/turno × 2 turni/giorno)] × 5,35 pz/giorno} = 3,495 giorni

Δ Tempo di giacenza (buffer) = 0,056 giorni

Considerando un guadagno per ciclo produttivo quindi di 0,056 giorni, ovvero 80,53 minuti, aumenterà, dunque, il valore di *Processed amount* dell'attività *machining*. Infatti, avendo C/T = 98 min/pz, C/O = 8 min, si ha:
Δ *Processed amount* = 80,64 min ÷ (98 min/pz + 8 min/pz) = 0,7597 pz

Sapendo che *Available production time* = 26.100 sec (ovvero 1305 min/giorno), si ottiene, secondo la formula (1.7), i seguenti valori dell'indicatore *Performance*:

Current Performance = (98 min/pz × 12,31 pz) ÷ 1281 min = 94,18%

Operating time = 1305 min/giorno – (8min/turno × 3 turni/giorno) = 1281 min,

dove *Operating time* è calcolato secondo la formula (1.4), e 12,31 pz rappresenta il valore di *process amount* attuale.

Future Performance = [98 min/pz × (12,31 pz + 0,7597 pz)] ÷ 1281 min = 99,97%

Per quanto riguarda il miglioramento del *lead time* di produzione del mini escavatore MHEX 2.6, i miglioramenti suggeriti porterebbero ad un beneficio totale di 5,071 giorni, di cui 16,62 minuti (0,0115 giorni di tempo medio di giacenza del pezzo nell'area di buffer), si risparmierebbero nell'area di giacenza a monte dell'attività *machining*, con l'applicazione delle 5S. Il resto del beneficio si otterrebbe con l'applicazione della tecnica SMED alla macchina dedicata alla realizzazione del componente torretta di tutti i modelli di mini escavatore.
Infatti, considerando una riduzione del tempo NVA di circa cinque minuti, come è stato già detto nella prima proposta di miglioramento del Par. 3.2.5, e una riduzione del C/O di cinque minuti, come è stato detto nella seconda proposta di miglioramento del Par. 3.2.5, si ottiene:

Processed amount = 1050 min/giorno ÷ (379 min/pz + 0 min) = 2,77 pz/giorno

Questo valore rappresenta il numero medio di pezzi che giace nella zona di buffer in attesa di essere sottoposto all'attività di *machining*.

Tempo di giacenza (buffer) attuale = 5,414 giorni

Tempo di giacenza (buffer) atteso = 5,414 giorni - {[5 min/giorno ÷ (480 min/turno × 3 turni/giorno)] × 2,77 pz/giorno} = 5,403 giorni

Δ Tempo di giacenza (buffer) = 0,0115 giorni

Considerando un guadagno per ciclo produttivo quindi di 0,0115 giorni, ovvero 16,62 minuti, il valore di *Processed amount* dell'attività *machining* aumenterà. Infatti, avendo C/T = 158 min/pz, C/O = 5 min (anziché il valore attuale di 10 min), si ha:

Δ *Processed amount* = 16,62 min ÷ (158 min/pz + 5 min/pz) = 0,102 pz

Sapendo che *Available production time* = 26.100 sec (ovvero 1305 min/giorno), si ottiene, secondo la formula (1.7), i seguenti valori dell'indicatore *Performance*:

Current Performance = (158 min/pz × 8,01 pz) ÷ 1290 min = 94,18%

Operating time = 1305 min/giorno – (5min/turno × 3 turni/giorno) = 1290 min

dove *Operating time* è calcolato secondo la formula (1.4), e 8,01 pz rappresenta il valore di *process amount* attuale.

Future Performance = [158 min/pz × (8,01 pz + 0,102 pz)] ÷ 1290 min = 99,31%

Per quanto concerne il modello MHEX 3.3 (e MHEX 3.7), l'applicazione delle proposte di miglioramento esposte nel Par. 3.2.5, porterebbe ad una riduzione del *lead time* di produzione di 5,132 giorni. In particolare, il primo suggerimento di miglioramento porterebbe ad una riduzione di 0,0115 giorni (16,62 minuti per ciclo produttivo), di tempo medio di giacenza del pezzo nell'area di buffer a monte dell'attività *machining*, e l'applicazione della seconda proposta di miglioramento una riduzione del C/O di 5 min/pz. Si ottiene:

Processed amount = 1260 min/giorno ÷ (379 min/pz + 0 min) = 3,32 pz/giorno

Questo valore rappresenta il numero medio di pezzi che giace nella zona di buffer in attesa di essere sottoposto all'attività di *machining*.

Tempo di giacenza (buffer) attuale = 3,61 giorni

Tempo di giacenza (buffer) atteso = 3,61 giorni - {[5 min/giorno ÷ (480 min/turno × 3 turni/giorno)] × 3,32 pz/giorno} = 3,598 giorni

Δ Tempo di giacenza (buffer) = 0,0115 giorni

Considerando un guadagno per ciclo produttivo quindi di 0,0115 giorni, ovvero 16,62 minuti, il valore di *Processed amount* dell'attività *machining* aumenterà. Infatti, avendo C/T = 158 min/pz, C/O = 5 min (anziché il valore attuale di 10 min), si ha:

Δ *Processed amount* = 16,62 min ÷ (158 min/pz + 5 min/pz) = 0,102 pz

Sapendo che *Available production time* = 26.100 sec (ovvero 1305 min/giorno), si ottiene, secondo la formula (1.7), i seguenti valori dell'indicatore *Performance*:

Current Performance = (158 min/pz × 5,34 pz) ÷ 860 min = 98,06%

Operating time = 870 min/giorno – (5min/turno × 2 turni/giorno) = 860 min

dove *Operating time* è calcolato secondo la formula (1.4), e 5,34 pz rappresenta il valore di *process amount* attuale.

Future Performance = [158 min/pz × (5,34 pz + 0,102 pz)] ÷ 860 min = 99,93%

La rimozione dei vincoli tecnologici presenti nell'area *machining*, grazie all'applicazione della tecnica SMED alla macchina dedicata alla realizzazione del componente torretta di tutti i

modelli di mini escavatore, avrebbe un ulteriore effetto positivo sull'attività *machining* sia per il modello MHEX 2.6 che per i modelli MHEX 3.3 e MHEX 3.7.

In particolare, l'*uptime* dell'attività *machining* della torretta del primo modello crescerebbe a 98,85%, e l'indice *Availability* e subirebbe un incremento rispettivamente dell'1.15%.

Allo stesso modo si avrebbe un incremento del valore di *uptime* dell'attività *machining* della torretta del secondo modello, passando da 97,70% a 98,85%, e l'indicatore *Availability* risulterebbe pari a 98,85%.

Quindi, in generale, si assisterebbe ad un incremento dell'indice OEE, come mostrato in Tabella 3.12.

		MHEX 1.7-1.8				*MHEX 2.6*				*MHEX 3.3-3.7*			
		Availability	*Performance*	*Quality*	*OEE*	*Availability*	*Performance*	*Quality*	*OEE*	*Availability*	*Performance*	*Quality*	*OEE*
Upper frame	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	97,70%	94,10%	99,00%	**91,02%**	**98,85%**	**99,31%**	99,00%	**97,19%**	**98,85%**	**99,93%**	99,00%	**97,79%**
Lower frame	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	97,70%	85,16%	99,00%	**82,37%**	97,70%	85,16%	99,00%	**82,37%**	97,70%	85,78%	99,00%	**82,97%**
Excavator arm	Welding	95,24%	91,62%	99,00%	**86,39%**	95,24%	92,68%	99,00%	**87,39%**	95,24%	92,35%	99,00%	**87,07%**
	Maching	98,16%	**99,31%**	99,00%	**96,51%**	98,16%	94,68%	99,00%	**92,01%**	98,16%	95,21%	99,00%	**92,52%**
Excavator boom	Welding	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
	Maching	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**	100,00%	100,00%	99,00%	**99,00%**
		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$		$\prod_{i=1}^{4} Ai$	$\prod_{i=1}^{4} Pi$	$\prod_{i=1}^{4} Qi$	
	Welding	95,24%	91,62%	96,06%	**83,82%**	95,24%	92,68%	96,06%	**84,79%**	95,24%	92,35%	96,06%	**84,49%**
	Machining	93,70%	**79,58%**	96,06%	**71,63%**	**94,80%**	**80,07%**	96,06%	**72,92%**	**94,80%**	**81,61%**	96,06%	**74,32%**

Tabella 3.12 Indici di prestazione delle fasi produttive *welding* e *machining* dopo le proposte di miglioramento

Dal punto di vista economico, di seguito è stata formulata una stima dei benefici che potrebbero derivare dall'applicazione delle proposte di miglioramento mostrate sulle diverse *Future State Map*, sulla base del prezzo medio di mercato del prodotto. Considerando i seguenti dati:

Modelli di mini escavatori	Prezzo medio di mercato
MHEX 1.7 - 1.8	17.000,00 €
MHEX 2.6	20.000,00 €
MHEX 3.3 - 3.7	23.000,00 €

Tabella 3.13 Prezzo medio di mercato di ogni modello di mini escavatore

E, sapendo che le proposte di miglioramento porterebbero ad una riduzione del *lead time* di produzione rispettivamente di:

Modelli di mini escavatori	AS-IS Production Lead Time	TO-Be Production Lead Time	Δ Production Lead Time	Δ Production LT / AS-IS LT
MHEX 1.7 – 1.8	24,599 giorni	19,491 giorni	5,108 giorni	20,77 %
MHEX 2.6	25,445 giorni	20,384 giorni	5,071 giorni	19,92 %
MHEX 3.3 – 3.7	24,619 giorni	19,488 giorni	5,131 giorni	20,84 %

Tabella 3.14 Δ *Production lead time* per ogni modello di mini escavatore

Lo stabilimento di San Mauro potrebbe ottenere, medialmente al mese, un beneficio pari a circa: (20,77% × 17.000,00 €) + (19,92% × 20.000, 00 €) + (20,84% × 23.000, 00 €) = 12.307,73 € per un ammontare annuo di circa € 147.692,73.

La stima preventiva appena fatta serve come giustificazione del progetto proposto, la misurazione a consuntivo, invece, servirà a dimostrare l'efficacia del progetto. Si lascia all'azienda la valutazione sui costi da sostenere per introdurre i miglioramenti sopra riportati, per valutare infine il rapporto B/C sulla bontà dell'investimento.

CAPITOLO 4 – Conclusioni

4.1 Osservazioni sul lavoro di tesi svolto

Il lavoro di tesi svolto durante l'esperienza presso lo stabilimento CNH Industrial di San Mauro Torinese ha riguardato lo studio del processo produttivo del prodotto più critico e di come gli strumenti WCM potrebbero migliorare l'efficienza dell'area produttiva *Fabrication*, che necessita di maggiori interventi di miglioramento, la quale comprende le fasi di lavorazione *welding* e *machining*.

In particolare, dopo una contestualizzazione della metodologia WCM e la descrizione dell'approccio al WCM da parte dell'azienda CNH Industrial, il lavoro di tesi si è concentrato sull'applicazione dello strumento VSM, lo strumento *lean* per eccellenza, al fine di individuare le inefficienze del flusso produttivo del prodotto critico realizzato dal *plant* San Mauro. Durante i mesi passati presso lo stabilimento di San Mauro, grazie alla collaborazione del personale dell'area Produzione, dei Capi Reparto e del Responsabile della funzione *Work Analysis*, è stato possibile osservare l'intero processo produttivo del mini escavatore e raccogliere i dati necessari all'analisi del Flusso di Valore.

Dopo la stesura delle *Current State Map* dei tre modelli di mini escavatore, ci si è concentrati sull'area *Fabrication* e, quindi, sull'individuazione dei vincoli di produzione che non consentono la sincronizzazione tra le diverse attività lavorative. Inefficienze logistiche, quali spazi ingombri e kit non idonei, e macchine con vincoli tecnologici, rappresentano le problematiche emerse durante le visite fatte in fabbrica.

Si è proceduto allora alla stesura, per ogni modello di mini escavatore, di *Future State Map* che incorporano obiettivi *kaizen* volti ad eliminare le criticità individuate nell'area *Fabrication*.

Infine, è stata effettuata una stima dei benefici economici che potrebbero derivare dall'applicazione futura delle proposte di miglioramento formulate.

I vari obiettivi *kaizen* proposti possono essere raggiunti attraverso la collaborazione tra il team *Logistics and Customer Service* e i team di altri pilastri tecnici, i quali, dovranno interfacciarsi con il pilastro tecnico *Cost Deployment*. Quest'ultimo, essendo la bussola che orienta e guida i progetti di miglioramento continuo, andrà a valutare ed attivare i

diversi progetti di miglioramento per la rimozione delle cause delle perdite individuate. Risulta quindi necessario il coinvolgimento delle persone che lavorano in diverse aree aziendali.

Emerge come il WCM non sia semplicemente un metodo da studiare ed applicare, ma un vero e proprio modo di vivere l'azienda, che presuppone l'integrazione delle varie funzioni organizzative. Il pieno sviluppo della metodologia si otterrà solo se il WCM verrà condiviso, oltre da chi lo gestisce, anche da chi lo applica nella quotidianità. Infatti, è solo nel lungo periodo che l'azienda potrà assistere ad un salto di qualità, poiché il miglioramento delle performance aziendali a livello generale potrà essere visibile solo nelle situazioni di pieno sviluppo del modello WCM. Se il WCM verrà, invece, considerato come un semplice criterio da applicare, sarà possibile osservare soltanto cambiamenti localizzati che avvengono nel breve periodo.

4.2 Benefici del lavoro di tesi svolto

La mappatura del Flusso di Valore creato dai diversi prodotti che sono stati analizzati in questo lavoro di tesi, ha consentito, al team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service* del *plant* San Mauro, di descrivere l'intero flusso di materiali e di informazioni che attraversano lo stabilimento e di individuare le aree chiave degli sprechi presenti all'interno del processo produttivo del mini escavatore.

Gli sprechi rappresentano degli elementi difficili da individuare in un tipico stabilimento produttivo e, fino ad ora, non erano stati chiari al team del pilastro tecnico *Logistics and Customer Service*. Infatti, la realizzazione delle *Current State Map* dei diversi modelli di mini escavatore, ha aiutato i membri del team a visualizzare il Flusso di Valore da monte a valle, individuando chiaramente le inefficienze.

Recarsi fisicamente in *Gemba*, attraverso i reparti, a visitare la linea di produzione, intervistare ogni Capo Reparto e parlare con i diversi operatori, ha permesso di conoscere le problematiche che gravano sull'officina e di definire gli interventi di miglioramento necessari.

Le "AS-IS" *Map* realizzate rappresentano, quindi, uno strumento decisionale che hanno consentito allo stabilimento di San Mauro di documentare, misurare e analizzare il Flusso di Valore e di pensare ad una strategia operativa che potesse migliorare le proprie

performance. Infatti, grazie all'applicazione di questa importante tecnica *lean*, il *plant* San Mauro è stato e sarà in grado di gestire l'intera catena di valore, mediante la continua ricerca della perfezione in termini di qualità, livello di costo e servizio così come percepito dai clienti.

Essenza del VSM è il flusso del materiale e delle informazioni, e conoscere il trasferimento di materiali e informazioni non ha aiutato solo alla progettazione delle trasformazioni *lean* considerate nelle *Future State Map* realizzate. In questo senso, il VSM ha rappresentato anche un importante strumento di comunicazione: esso ha fatto in modo che tutti i componenti del team avessero la stessa comprensione del processo e che gli operatori conoscessero bene la propria area di lavoro.

4.3 Limitazioni del lavoro di tesi svolto

Il lavoro oggetto di questa tesi, vuole intendersi uno studio preliminare sul processo produttivo del mini escavatore dello stabilimento CNH Industrial di San Mauro Torinese. In particolare, il lavoro di tesi svolto vuole rappresentare il punto da cui partire per iniziare la trasformazione del flusso produttivo oggetto di studio, in un processo *lean* che si avvicini il più possibile alla situazione ideale di "Zero sprechi".

Il lavoro di tesi realizzato, però, racchiude in sé limiti di carattere tecnico, legati allo strumento VSM utilizzato, e di carattere pratico, derivanti dalla difficoltà di coinvolgimento del personale dello stabilimento.

Come è stato già detto, il *Value Stream Mapping* è uno dei migliori strumenti che permette di mappare un processo e di identificarne le maggiori criticità, al fine di ottenere un flusso *lean*.

La capacità di tracciare un ordine in tutta la catena di produzione, da valle a monte, e di misurare i tempi di giacenza nei diversi buffer, è davvero importante ed utile in quanto permette di scoprire i *bottlenecks* presenti nell'intero flusso di valore del prodotto e capire le *root causes* dei vincoli individuati. Inoltre, la "TO-BE" *Map*, che rappresenta l'ideale sistema di produzione *pull*, aiuta a semplificare i processi di lavoro utilizzando concetti *lean* e valutando i miglioramenti ottenibili attraverso la produzione *lean*.

Il VSM, però, non è in grado di fornire una visione reale dei problemi di variabilità relativi al processo di produzione analizzato; nell'approccio standard che è stato

utilizzato per svolgere il presente lavoro di tesi, i dati raccolti e inseriti nella mappa del flusso di valore vengono considerati come deterministici, ignorando la reale variabilità del processo. Questo è un limite forte, forse il più grande, in quanto, soprattutto nei processi di produzione, la variabilità ha un impatto significativo sui costi e porta a diversi sprechi come: irregolare consegna da parte del fornitore, oppure difetti del prodotto o improvvisi guasti dei macchinari. La variabilità del processo produttivo rappresenta, quindi, un importante ostacolo alla realizzazione della sincronizzazione e della produzione snella.

Limitazioni di carattere pratico si sono riscontrate durante la fase di raccolta dei dati utili all'applicazione del VSM. Nonostante l'apparente semplicità, il VSM richiede un importante sforzo di progettazione e la partecipazione da parte del personale dello stabilimento è risultata inferiore alle aspettative, poiché le consuete attività di produzione limitavano il tempo a disposizione del personale a contribuire allo svolgimento del presente lavoro di tesi. Le diverse *Current State Map* realizzate contengono all'interno alcuni dati stimati, proprio poiché non è stato possibile ottenerli in modo empirico.

Inoltre, il presente lavoro di tesi non rappresenta una mera soluzione pronta all'uso; esso dimostra il potenziale dell'applicazione delle *Future State Map*, in termini di risultati attesi, ma non necessariamente di facile conseguimento. Infatti, il raggiungimento dello stato ideale rappresentato sarà condizionato dall'impegno che il leader del team *Logistics and Customer Service* metterà nel consolidare i risultati, nel coordinare i membri del suo team e nel coinvolgere il personale.

4.4 Sviluppi futuri

Il primo suggerimento che si può dare, visti i benefici che potrebbero derivare dall'applicazione dei suggerimenti di perfezionamento sviluppati in questo lavoro di tesi, consiste nell'implementazione delle proposte di miglioramento formulate in questo lavoro di tesi, in modo tale da poter rimuovere gli sprechi attualmente individuati nello stabilimento e ridurre il *lead time* di produzione dei modelli di mini escavatore analizzati. Una volta realizzato il progetto di miglioramento proposto nelle diverse *Future State Map* e verificati, a consuntivo, i vantaggi che ne derivano, si potrebbero considerare le

Future State Map implementate come punto di partenza per avviare altri progetti di perfezionamento del flusso produttivo. Ciò potrebbe aiutare il *plant* San Mauro a progettare un processo di trasformazione *lean* dei diversi modelli di mini escavatore, sempre più adeguato. Per garantire il completo successo dell'applicazione del VSM sarà necessario coinvolgere tutti gli operatori e il personale di stabilimento nei processi di cambiamento.

Successivamente, si potrebbe pensare all'applicazione del VSM alle altre famiglie di prodotti, e quindi alle linee di produzione degli altri modelli di escavatori realizzati dallo stabilimento di San Mauro, già descritti nel Capitolo 2.

Per migliorare lo *score* WCM che attualmente lo stabilimento di San Mauro possiede, altre attività possono essere suggerite. Come è stato detto nel Capitolo 1, punto importante della metodologia WCM è l'attività di *benchmarking*, poiché lo studio della produttività e del valore di altri stabilimenti in relazione alle proprie performance può rappresentare per il *plant* in oggetto un'occasione per mettere in atto azioni di miglioramento. Ciò rappresenta un modo per migliorare la performance facendo da sé, ma vedendo gli altri.

4.5 Estensione dell'applicazione del WCM ad altre aree aziendali

Affinché il WCM raggiunga la propria efficacia è necessario che esso diventi una metodologia influente all'interno dell'intera organizzazione. Il WCM dovrebbe diventare un vero e proprio modo di lavorare per far sì che l'organizzazione diventi *World Class*. Quindi, se il punto di partenza dell'applicazione del metodo WCM è rappresentato dalla *model area*, e quindi dallo stabilimento produttivo in senso stretto, l'obiettivo è coinvolgere ed integrare tutti i dipartimenti, anche quelli al di fuori del perimetro dello stabilimento produttivo, come le funzioni Marketing, Vendite, Ricerca e Sviluppo e così via. Ciò è necessario per poter raggiungere la piena efficienza e aumentare la competitività dell'organizzazione. D'altra parte, più si va avanti nel percorso di miglioramento dei diversi pilastri tecnici, sempre più sfidanti diventano gli obiettivi da raggiungere: gli interventi da attuare diventeranno sempre più difficoltosi, e il raggio d'azione andrà ad interessare altri dipartimenti, il cui contributo risulterà

indispensabile per portare a termine il progetto. Ad esempio, per raggiungere l'obiettivo di raffinamento della logistica esterna, il *plant* San Mauro dovrà impegnarsi a coinvolgere l'ente *Production Planning & Control* (PP&C), oppure integrare *Purchasing* e *Sales & Operation Control* (S&OP), per creare un flusso di valore totalmente controllato da monte a valle.

Emerge, quindi, quanto sia importante diffondere l'approccio WCM a tutta l'organizzazione, anche se, ad oggi, nello stabilimento di San Mauro non si sono ancora spinti così avanti nel percorso. Infatti, non vi è un livello significativo di coinvolgimento in tal senso, poiché il WCM non è ancora visto da tutti come un modo di lavorare. Il basso livello di coinvolgimento osservato in questi mesi ha portato a maturare l'ipotesi che l'organizzazione del lavoro non lasci al personale del *plant* San Mauro tempo per conoscere bene il WCM e considerarlo non un'attività aggiuntiva alla realtà lavorativa, bensì un modo di lavorare.

Probabilmente ciò è dovuto ad un aspetto culturale, essendo che la cultura occidentale, a differenza di quella giapponese da cui deriva la metodologia WCM, ha un forte carattere individualista, in cui un soggetto, sicuro delle proprie conoscenze, spesso è poco disposto a metterle in discussione e a basare le decisioni solo sul valore del rapporto Benefici/Costi legato alle proposte di miglioramento. Per sopperire al carattere individualista dell'individuo occidentale, importante potrebbe essere l'impegno da parte del *management* dello stabilimento.

Imprimere i concetti del WCM nelle menti del *management* è un elemento su cui poter far leva per far in modo che questa metodologia possa poi essere estesa in tutte le altre aree aziendali. Devono essere i manager dello stabilimento e i leader dei diversi pilastri tecnici a dare il giusto esempio, accettando e favorendo il graduale abbandono dell'approccio tradizionale. È importante evidenziare l'urgenza del cambiamento da parte della direzione dello stabilimento, altrimenti le persone difficilmente saranno motivare a superare gli approcci tradizionali. Un'opportunità che si può cogliere per far in modo che il WCM diventi il modo di lavorare di tutto il personale dell'organizzazione aziendale è rappresentata dalla corretta implementazione dei pilastri manageriali, descritti nel Capitolo 1.

Riferimenti

Bibliografia

Braglia M., Frosolini M. e Zammori F., (2009), "Uncertainty in value stream mapping analysis", *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 13 No 6, pp. 435-453

Cipriani A., Erlicher L., Neirotti P., Pero L. e Campagna L., (2015), *L'evoluzione dei sistemi di produzione e dell'organizzazione del lavoro nelle fabbriche: l'applicazione del World Class Manufacturing in FIAT*, Politecnico di Milano, MI, 15 Febbraio 2015.

CNH Industrial Italia S.p.a, (2009), *Book of Knowledge - Logistics and Customer Service* documentazione interna aziendale

De Felice F., Petrillo A. e Monfreda S., (2013), "Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry", Schiraldi M.M (Ed.), *Operations Management*, InTech, pp 1-30.

Đokić I., Arsovski S. e Pešić-Đokić S., "Quality and World Class Manufacturing", presentato alla 6° International Quality Conference, 8 Giugno 2012, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, disponibile su: http://www.ijqr.net/journal/v5-n4/8.pdf (consultato il 28 Gennaio 2018)

Galgano A. (2008), *Qualità totale. Il metodo scientifico nella gestione aziendale*, Guerini e Associati, Milano, MI.

Ketter S. e Massone L. (2007), *I pilastri tecnici del WCM*, FCA Group, documentazione interna aziendale

Lian e Van Landeghem (2007), "Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping – based simulation generator", *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No 13, pp. 3037-3058

Nachiappan R.M. e Anantharaman, N. (2006), "Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17 No. 7, pp. 987-1008.

Palucha K., (2012) "World Class Manufacturing model in production management", *International Scientific Journal*, Vol.58 No. 2, pp 227-234

Rai Technology University, (2004), *Principles of World Class Manufacturing,* disponibile su http://164.100.133.129:81/econtent/Uploads/PRINCIPLES_OF_WORLD_CLASS_MANUFACTURING.pdf (consultato il 17 Novembre 2017)

Rother M. e Shook J., (2003), *Learning to see: Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*, Lean Enterprise Institute, Cambridge MA, USA

Shahrukh A. Irani S. e Zhou J., (2011), *Value Stream Mapping of a complete product*, The Ohio State University, Columbus, OH

Sin Hoon Hum, (1991) "Industrial Progress and the Strategic Significance of JIT and TQC for Developing Countries", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 11 No. 5, pp.39-46.

Vinodh S., Arvind K.R. e Somanaathan M. (2010), "Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 21 No 7, pp. 888-898

Vinodh S., Selvaraj T., Chintha S.K. e Vimal K.E.K, (2015), "Development of value stream map for an Indian automotive components manufacturing organization", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol 13 No 3, pp 380-399

Yamashina H. (1995), "Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 27-38

Sitografia

[1]http://www.provincia.torino.gov.it/fidati/orientarsi/archivio_orientarsi/dorientarsi/evoluzione_fabbrica.pdf
[2] http://www.youcubes.it/wcm-world-class-manufacturing/
[3] https://it.wikipedia.org/wiki/Ciclo_di_Deming
[4] https://www.picktolightsystems.com/it/prodotti-picking/kitting
[5] http://blog.bprgroup.it/wp-content/uploads/2014/08/VSM-Current-State.jpg
[6] http://www.cnhindustrial.com/it-it/know_us/cnh_industrial_worldwide/Pages/default.aspx
[7] https://www.caseih.com/emea/it-it/prodotti/harvesting
[8] http://www.newhollandconstruction-enews.com/it/
[9] http://www.iveco-astra.com/it/rd/
[10] http://www.fptindustrial.com/global/en/engines/power-generation/g-drive
[11] http://rahmadhidayat009.blogspot.it/p/component.html
[12] http://www.csteelindia.com/a204-a-b-alloy-steel-plate-supplier-exporter.html
[13] http://www.alphatec.it/alphatec-este-i-progetti-case-studies-nostre-lavorazioni/11/Attrezzature-di-saldatura.html
[14] http://www.alcaritalia.it/wp-content/themes/Alcar/images/slideprodotti/braccio4.jpg
[15] https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html
CNH Industrial N.V., (2016), "Annual report 2016", disponibile su: http://www.cnhindustrial.com/enus/investor_relations/financial_information/annual_reports/CNH_Industrial_Annual_report_2016.pdf (consultato il 10 Dicembre 2017)
CNH Industrial N.V., (2016), "Sustainability report 2016", disponibile su: http://www.cnhindustrial.com/it/sustainability/corporate_sustainability_reports/report/2016_Sustainability_Report.pdf (consultato il 10 Dicembre 2017)
http://www.cnhindustrial.com
https://www.wcm.fcagroup.com/it-it/wcm_at_fca/pages/default.aspx
http://download.acca.it/BibLus-net/Sicurezza/Scheda_CPT_EscavatoreIdraulico.pdf
http://www.leancompany.it/lean_tools/takt_time.html
https://it.wikipedia.org/wiki/CNH_Industrial
http://www.encob.net/blog/2010/04/05/come-funziona-heijunka/
https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/5s.html
https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/smed.html
http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2010/12/21/allinferno-ritorno-il-rilancio-cnh.html
https://it.wikipedia.org/wiki/Escavatore#Tipologia