

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Meccanica**

Tesi di Laurea Magistrale

WCM DIGITAL & INNOVATION: PROGETTAZIONE DELL'ACADEMY

ASSEMBLY LINE ATTRAVERSO STRUMENTI DIGITALI



Relatore Accademico

Prof. Maurizio Schenone

Candidato

Andrea Grasso

Co-Relatori

Valentina Ferrari (FCA)

Pierfrancesco Panessa (FCA)

A.A 2017/18

SOMMARIO

INDICE DELLE FIGURE	4
INDICE DELLE TABELLE	7
1 INTRODUZIONE.....	8
2 IL WORLD CLASS MANUFACTURING	10
2.1 STORIA DEL WCM	10
2.2 CULTURA E MISSION.....	11
2.3 I 10 PILASTRI TECNICI	15
2.3.1 SAFETY	15
2.3.2 COST DEPLOYMENT	16
2.3.3 FOCUSED IMPROVEMENT	18
2.3.4 AUTONOMOUS ACTIVITIES.....	19
2.3.5 PROFESSIONAL MAINTENANCE	22
2.3.6 QUALITY CONTROL.....	22
2.3.7 LOGISTICS & CUSTOMER SERVICE.....	23
2.3.8 EARLY EQUIPMENT AND PRODUCT MANAGEMENT.....	25
2.3.9 PEOPLE DEVELOPMENT	26
2.3.10 ENVIRONMENT & ENERGY	27
2.4 I 10 PILASTRI MANAGERIALI	29
2.4.1 MANAGEMENT OF COMMITMENT	29
2.4.2 CLARITY OF OBJECTIVES.....	29
2.4.3 ROUTE MAP TO WCM	29
2.4.4 ALLOCATION OF HIGHLY QUALIFIED PEOPLE	30
2.4.5 COMMITMENT OF ORGANIZATION	30
2.4.6 COMPETENCE OF THE ORGANIZATION	30
2.4.7 TIME & BUDGET	30
2.4.8 LEVEL OF DETAIL	31
2.4.9 LEVEL OF EXPANSION.....	31
2.4.10 MOTIVATION OF OPERATORS	31
2.5 WCM ACADEMY: MIRAFIORI	32

3	DIGITALIZZAZIONE DELLA WCM ASSEMBLY LINE.....	34
3.1	DESCRIZIONE DELLA LINEA DI SIMULAZIONE WCM ASSEMBLY LINE	34
3.2	SCOPO DELLA SIMULAZIONE SULLA WCM ASSEMBLY LINE IN TERMINI FORMATIVI.....	38
3.3	IMPLEMENTAZIONE DELLA DIGITALIZZAZIONE DELLA LINEA	41
4	IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE TEAMCENTER	43
4.1	IL SOFTWARE SIEMENS TEAMCENTER	43
4.2	ATTIVITA' SVOLTE CON TEAMCENTER.....	46
4.2.1	CREAZIONE DELLA BILL OF MATERIALS.....	47
4.2.2	CREAZIONE DEI TOOLS	49
4.2.3	CREAZIONE DEL CICLO	50
4.2.4	CREAZIONE DELLA WORKAREA.....	53
4.2.5	CREAZIONE DEL CICLO BILANCIATO.....	54
5	IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE TICON	57
5.1	IL SOFTWARE TICON	57
5.2	ATTIVITA' SVOLTE CON TICON SULLA WCM ASSEMBLY LINE	60
5.2.1	WORK ANALYSIS DEL CICLO DELLE OPERAZIONI INVIATO DA TEAMCENTER.....	60
5.2.2	CREAZIONE FASI DEL CICLO	62
5.2.3	CREAZIONE ELEMENTI DEA.....	64
5.2.4	CREAZIONE SEA CON IMMISSIONE INPUT DI PARTENZA	65
5.2.5	COMPOSIZIONE E BILANCIAMENTO DELLA LINEA	66
5.2.6	SCENARI.....	66
5.2.7	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI	72
6	IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE PLANT SIMULATION	74
6.1	IL SOFTWARE PLANT SIMULATION.....	74
6.2	ATTIVITA' SVOLTE CON PLANT SIMULATION.....	76
6.2.1	REPERIMENTO INPUT	77
6.2.2	CREAZIONE DELLE SIMULAZIONI	77
7	CONCLUSIONI.....	88
8	BIBLIOGRAFIA.....	90
9	RINGRAZIAMENTI.....	92

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Approccio WCM 7 Step	12
Figura 2. Dall'area modello a tutto lo stabilimento	13
Figura 3. I 10 pilastri tecnici.....	13
Figura 4. I 10 pilastri manageriali.....	14
Figura 5. Il sistema di audit	15
Figura 6. La piramide di Heinrich.....	16
Figura 7. Il rapporto Benefici/Costi	17
Figura 8. La ruota PDCA.....	19
Figura 9. Il metodo delle 5S.....	21
Figura 10. Definizioni di Muri, Mura, Muda.....	22
Figura 11. Il metodo delle 4M.....	23
Figura 12. Il concetto del One Piece Flow	24
Figura 13. Differenza tra logica LIFO e FIFO	24
Figura 14. Il concetto della Milk-Run.....	25
Figura 15. La Radar Chart	27
Figura 16. La piramide delle 5R.....	28
Figura 17. Il modello personalizzato Berg Buzzy Fiat 500	34
Figura 18. Il magazzino della WCM Assembly Line.....	35
Figura 19. Cassette odette posizionate su SAG. situate nella WCM Assembly Line...	35
Figura 20. Distribuzione efficace dei componenti in una cassetta odette	36
Figura 21. Le 6 postazioni di assemblaggio del kart	37
Figura 22. Efficace collocazione dei componenti all'interno di una cassetta odette.	39
Figura 23. Cartellino Kanban della postazione OP60	40
Figura 24. Ciclo di vita del prodotto	43
Figura 25. Schermata principale di un ciclo su TeamCenter	44
Figura 26. Integrazione tra Co.De.P. e TCAE	45
Figura 27. Ciclo del prodotto e del processo	46

Figura 28. Schermata principale del ciclo su TC	47
Figura 29. File 3D del telaio del kart	48
Figura 30. Schermata della finestra "Product"	49
Figura 31. Schermata della finestra "Tools"	49
Figura 32. Schermata della finestra "Process"	50
Figura 33. Schermata della finestra "Workarea"	53
Figura 34. Layout 3D della WCM Assembly Line	54
Figura 35. Report della OP10	55
Figura 36. Layout 3D del montaggio effettuato nella OP10	56
Figura 37. Ciclo seguendo i tempi dettati da TiCon.....	56
Figura 38. Esempi di attività a valore aggiunto	58
Figura 39. Esempi di attività a non valore aggiunto.....	59
Figura 40. Esempi di attività a semi valore aggiunto	59
Figura 41. Ciclo proveniente da TeamCenter.....	61
Figura 42. Modifiche effettuate durante la Work Analysis.....	62
Figura 43. Finestra di Intestazione nella Creazione della Fase.....	62
Figura 44. Finestra di Struttura nella Creazione della Fase	63
Figura 45. Finestra dell'ergocaratterizzazione di una fase.....	63
Figura 46. Finestra della VA/NVA/SVA.....	64
Figura 47. Finestra della creazione di un elemento DEA	64
Figura 48. Finestra di immissione input di partenza	65
Figura 49. Fase in cui vengono trascinati (da sinistra verso destra) i torrini nella finestra principale	66
Figura 50. Scenario di partenza senza inserimento criteri ergonomici	67
Figura 51. Scenario di partenza con inserimento criteri ergonomici.....	67
Figura 52. Scenario di partenza con criteri ergonomici accettabili	68
Figura 53. Scenario dopo primo bilanciamento della linea. L'area gialla indica il tempo interposto tra il tempo di takt-time e la postazione più lenta	69
Figura 54. Scenario dopo aver spacchettato alcuni elementi DEA (torrini bianchi) ..	70

Figura 55. Scenario ottenuto accettando livelli ergonomici quasi sufficienti. Tale scenario è accettabile solo se si applica una Job Rotation.....	71
Figura 56. Riepilogo scenari	72
Figura 57. Attrezzo speedrill e avvitatore automatico	73
Figura 58. Vite a testa svasata con quadro sottotesta	73
Figura 59. Schermata di un layout 3D su Plant Simulation	75
Figura 60. Output della simulazione su Plant Simulation.....	80
Figura 63. Output della simulazione su Plant Simulation	84

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Tabella DPI	51
Tabella 2. Tabella UAS.....	51
Tabella 3. Tabella Attrezzature	52
Tabella 4. Tabella che associa a ogni microfase lavorativa un tempo e un codice identificativo.....	53
Tabella 5. Dati necessari scenario 1 per la simulazione su Plant Simulation.....	78
Tabella 6. Dati scenario 1 inerenti a takt-time, numeri di carrelli e controllo qualità.	79
Tabella 7. Utilizzo dei buffer a monte di ciascuna postazione	81
Tabella 8. Percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in suo buffer.	82
Tabella 18. Dati necessari scenario 4 per la simulazione su Plant Simulation	83
Tabella 19. Dati scenario 4 inerenti a takt-time, numeri di carrelli e controllo qualità	84
Tabella 20. Utilizzo dei buffer a monte di ciascuna postazione.....	85
Tabella 21. Percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in suo buffer.	87

1 INTRODUZIONE

Lo studio che ho voluto approfondire con questa tesi è l'analisi e l'applicazione del Digital nel modello World Class Manufacturing (WCM), in particolare l'efficacia di determinati software e tecnologie che possano migliorare le logiche di processo in ambito progettuale di una linea di produzione.

Si esegue una completa progettazione in digitale di una linea di produzione "laboratorio", la WCM Assembly Line, ovvero una linea simulativa di produzione sita in WCM Academy di Mirafiori ed utilizzata per corsi formativi su specifici pilastri WCM.

L'obiettivo di questa tesi è fornire le basi per una implementazione sempre più radicale di software digitali in ambito di progettazione di nuove linee di produzione (o modifiche di quelle già esistenti) in tutti gli stabilimenti FCA.

Il WCM World Class Manufacturing è un potente strumento adottato da FCA Fiat Chrysler Automobiles di gestione della cultura, del cambiamento e del miglioramento continuo aziendale, volto a ricercare l'eccellenza dei sistemi e ad attaccare perdite e sprechi all'interno degli stabilimenti.

La prima parte della tesi verte sulla descrizione del World Class Manufacturing, partendo dalla sua storia e dalla sua Mission, analizzando punto per punto i settori di cui si occupa, denominati Pilastri, e descrivendo i principali risultati raggiunti.

Verrà posto un focus particolare sulla WCM Academy di Torino, di cosa si occupa, degli obiettivi previsti e dei risultati conseguiti.

Nella seconda parte verrà descritta la linea simulativa di produzione del kart "Berg Buzzy Fiat 500 Kart" sita in WCM Academy di Mirafiori, ove sarà applicata una digitalizzazione attraverso l'utilizzo di diverse tecnologie. Verranno descritte nel dettaglio le potenzialità della linea in termini di Logistica, Workplace Organization e Quality Control e l'ottimizzazione della stessa implementando i software TeamCenter, TiCon e Plant Simulation.

Nel terzo capitolo verrà introdotto e utilizzato il software Siemens TeamCenter. A seguito di una descrizione del programma, verranno indicate le operazioni

effettuate per inserire tutte le informazioni della linea simulativa all'interno del software.

Nel quarto capitolo verrà analizzato ed applicato sulla linea il software TiCon, descrivendo tutti i vantaggi che può apportare in termini di bilanciamento delle postazioni di lavoro, analisi ergonomica, numero di unità sufficienti e necessarie, analisi del takt-time e percentuale di scarti.

Nel quinto capitolo verrà esaminato e descritto il software Siemens Plant Simulation, con particolare attenzione alla produttività della linea, all'analisi dei buffer e ai benefici che può apportare il software in fase di progettazione.

Nel sesto capitolo vi saranno delle considerazioni e delle conclusioni sulla totalità del lavoro svolto e sui vantaggi apportati sulla WCM Assembly Line.

2 IL WORLD CLASS MANUFACTURING

2.1 STORIA DEL WCM

Il World Class Manufacturing nasce con l'esigenza di ottimizzare i sistemi produttivi nel settore automotive.

Nei primi anni 90 nasce il WCM negli Stati Uniti: un sistema che abbia come scopo il miglioramento continuo, raggiungibile attraverso l'attacco a ogni tipo di inefficienza, dall'organizzazione di fabbrica alla manutenzione, dalla logistica al sistema di qualità.

Nel 2005 anche FCA (divisa ancora il Fiat e Chrysler) decide di adottare i principi e le tecniche del World Class Manufacturing nei propri stabilimenti, attuando un programma innovativo con l'obiettivo di costruire un Production System all'altezza dei più rigorosi standard internazionali. Dal 2009 è stato creato un sistema di formazione che permetta di conoscere e sviluppare tutti i concetti WCM a tutti i livelli.

Nasce così la prima WCM Academy, situata nello stabilimento di Cassino, seguita negli anni successivi da quelle sviluppate a Warren, Melfi, Sevel, Kragujevac e Torino, con l'obiettivo di possedere strutture specializzate e dedicate all'apprendimento delle logiche e dei metodi del WCM.

Nel 2015 FCA crea un'organizzazione di sviluppo di competenze fondata su tre livelli:

- Global Academy: avente ruolo di definire le linee guida di sviluppo professionale a livello globale e di standardizzare i pacchetti training.
- Regional Academy: avente ruolo di definire le linee guida a livello regionale (EMEA, NAFTA, LATAM, APAC) e di sviluppare le competenze manageriali nelle figure chiave di FCA;
- Plant Academy: avente ruolo di applicare le indicazioni derivanti dai livelli superiori all'interno dei singoli stabilimenti.

2.2 CULTURA E MISSION

Il World Class Manufacturing è un programma di crescita e miglioramento continuo avente come obiettivo l'eccellenza dei sistemi interni agli stabilimenti.

Esso nasce e trae ispirazione da sistemi che hanno rivoluzionato la cultura all'interno degli stabilimenti dagli anni '70, come ad esempio il Toyota Production System, il Total Productive Maintenance e dal Total Quality Management.

Una delle principali novità rispetto alle precedenti è l'associazione economica a ogni perdita individuata, assegnando quindi a ciascuna una priorità ed agendo seguendo un determinato criterio.

Il WCM si basa sull'aggressione sistematica di ogni tipo di spreco e perdita e sul coinvolgimento totale attraverso l'impiego rigoroso di standard e metodi.

Una delle key-words del WCM è il concetto di "Zero", ovvero porsi come obiettivo avere zero scarti, gestire i processi in modo da garantire zero difetti, garantire un sistema di manutenzione che punti ad avere zero guasti e un sistema logistico ed organizzativo in grado di garantire zero scorte.

In ambito WCM, tutto segue un metodo rigoroso e standardizzato: individuata l'eventuale perdita all'interno di uno stabilimento, il WCM agisce in maniera efficiente adottando le contromisure più opportune a seconda del problema stesso. L'approccio logico adottato in maniera standardizzata dal World Class Manufacturing e che caratterizza ogni pilastro tecnico, è un processo organizzato in 7 Step, per garantire che l'implementazione delle misure adottate avvenga in maniera graduale ed a un sempre maggior livello di dettaglio ed efficace. I primi step puntano sostanzialmente a ripristinare le condizioni di base di una determinata area di lavoro o di una macchina, mentre gli step più avanzati mirano a migliorare ed ottimizzare i processi.

Tale approccio consta di 3 principali fasi:

- Fase Reattiva, riguarda Indicativamente gli Step 1 e 2, consiste nell'adottare una determinata contromisura per correggere un problema riscontrato;

- Fase Preventiva, riguarda Indicativamente gli Step 3, 4, 5, consiste nell'anticipare i problemi, adottando delle misure già verificate in situazioni o aree simili (si fa quindi tesoro dell'esperienza accumulata per *prevenire* un eventuale perdita o spreco);
- Fase Proattiva, riguarda Indicativamente gli Step 6 e 7, consiste in una progettazione accurata preceduta da un'analisi dei rischi che eviti, a monte, il manifestarsi di determinati problemi e di sviluppare progetti ed attività innovative.



Figura 1. Approccio WCM 7 Step

Il WCM non punta a perdite in modo casuale all'interno di uno stabilimento, ma, attraverso una raccolta di tutte le principali problematiche, le prioritizza in funzione del loro impatto economico: esso individua infatti la prima area su cui agire, la cosiddetta "Model Area", ovvero quella parte di processo o macchina in cui vi sono le perdite maggiori e su cui agire in maniera prioritaria.

Adottate le opportune contromisure e considerata la validità dei risultati ottenuti, l'area successiva di intervento è denominata "Expansion Area", cioè quel settore in cui vi sono delle perdite simili a quelle riscontrate nell'area modello, adottando quindi le medesime soluzioni già verificate.

Infine, una volta che il modello è bel diffuso anche nelle aree di espansione, si estende il metodo in tutto lo stabilimento (Plant Wide).



Figura 2. Dall'area modello a tutto lo stabilimento

Il WCM è strutturato in 20 pilastri distintivi: 10 pilastri tecnici e 10 pilastri manageriali.

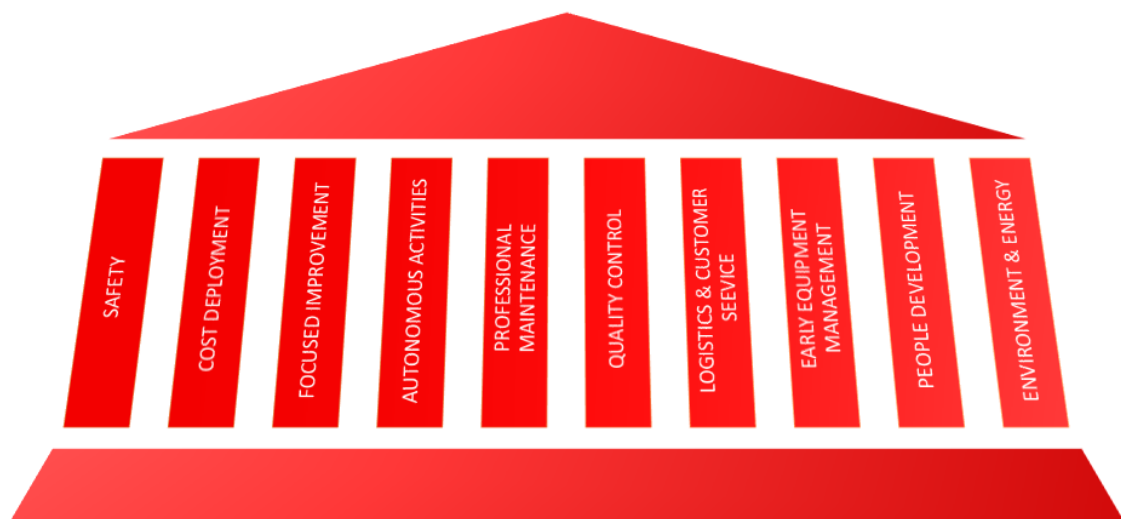


Figura 3. I 10 pilastri tecnici

I pilastri tecnici forniscono la metodologia e gli strumenti inerenti alle principali funzioni di stabilimento: quali ad esempio la Logistica, la Manutenzione, la Qualità, ecc.

I pilastri manageriali sono focalizzati invece allo sviluppo delle persone, agli obiettivi, al budget, alla motivazione degli operatori, basati su criteri perlopiù gestionali.

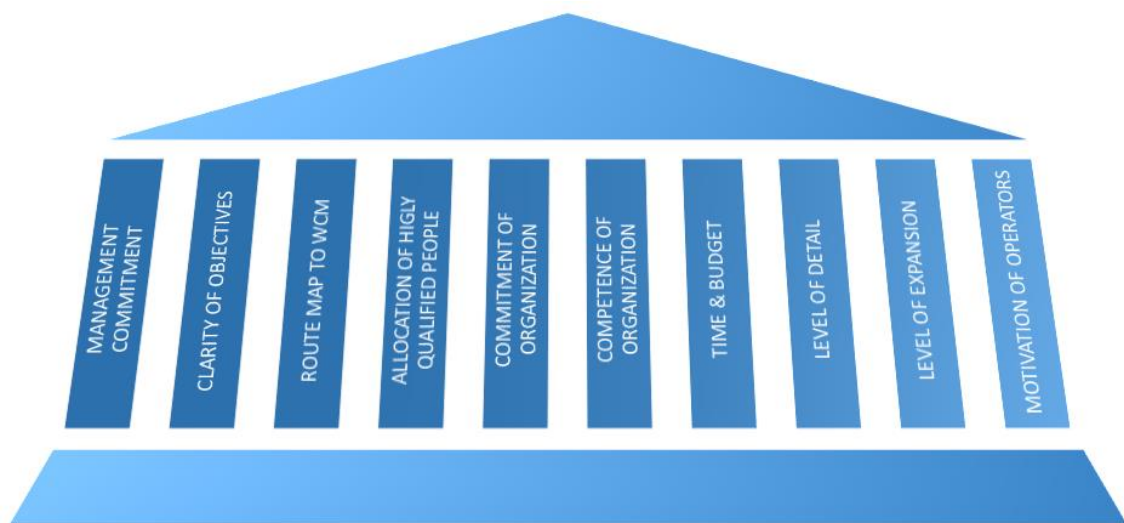


Figura 4. I 10 pilastri manageriali

Le prestazioni e le implementazioni dei criteri WCM all'interno degli stabilimenti vengono inoltre valutate tramite un sistema di audit.

L'audit crea una sana competizione tra gli stabilimenti stimolando la cultura del miglioramento continuo, altro cardine fondamentale del WCM.

Tale sistema prevede l'assegnazione di un punteggio da 0 a 5 per ciascun pilastro, sia tecnico che manageriale, in funzione dello stato di avanzamento WCM, e di cui la somma totale dei punti decreterà il punteggio complessivo dello stabilimento.

I 4 Award principali sono:

- “Bronze”, raggiungendo un punteggio compreso tra 50 e 59 punti;
- “Silver”, raggiungendo un punteggio complessivo tra 60 e 69;
- “Gold”, ottenibile con un punteggio tra 70 e 84;
- “World Class”, ottenendo un punteggio maggiore di 84

10 Technical Pillars in a 7 steps approach



10 Managerial Pillars



Audit System



Figura 5. Il sistema di audit

2.3 I 10 PILASTRI TECNICI

2.3.1 SAFETY

Il primo pilastro tecnico, il più importante, è quello legato alla sicurezza.

L'obiettivo del pilastro consiste nell'azzeramento degli infortuni, medicazioni e malattie grazie al miglioramento continuo in ambito di sicurezza e prevenzione.

Uno strumento utilizzato in WCM per la classificazione degli eventi e delle segnalazioni e per evitare spiacevoli infortuni è la piramide di Heinrich.

Tale piramide individua nella sua punta tutti i possibili incidenti che possono accadere all'interno di uno stabilimento (dalle medicazioni fino agli incidenti fatali), mentre la parte in basso della piramide (in cui vi sono le Azioni Non Sicure, le Condizioni Non Sicure e gli Incidenti Mancati) individua tutte quelle azioni e condizioni da evitare al fine di lavorare in sicurezza.

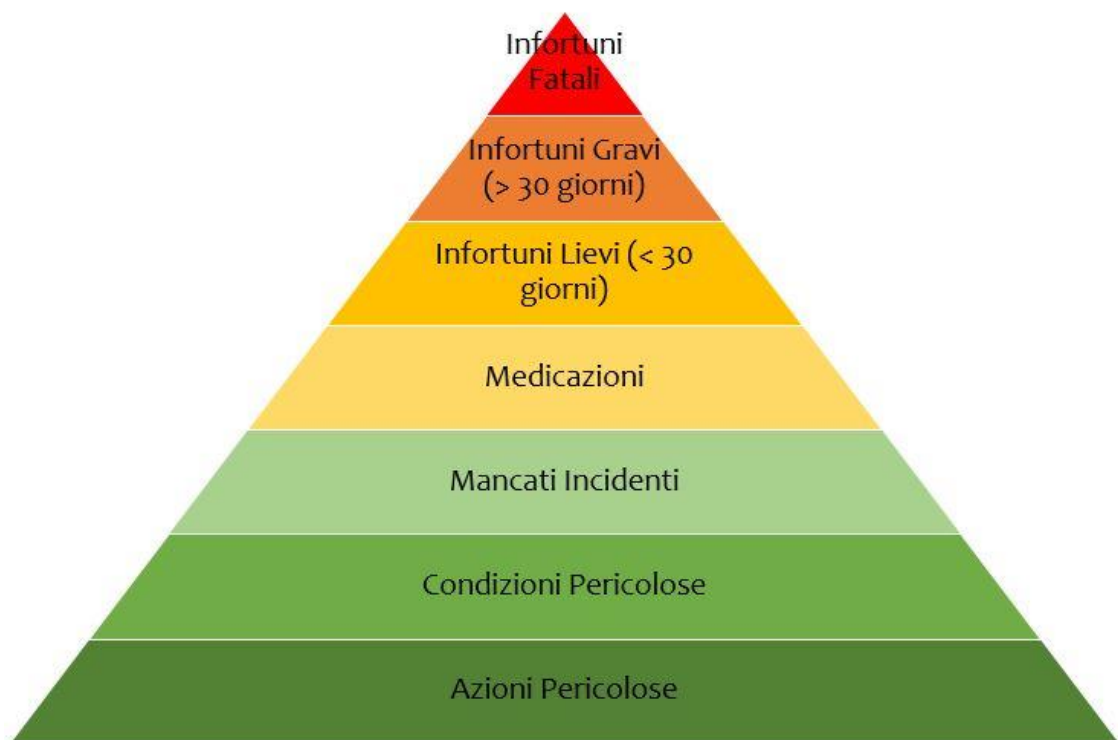


Figura 6. La piramide di Heinrich

Durante la fase reattiva si analizzano gli eventi avvenuti all'interno dell'area modello in tema di sicurezza, e si cominciano a predisporre delle contromisure.

In fase preventiva si creano le condizioni per far sì che non possano verificarsi incidenti simili a quelli riscontrati nella fase reattiva.

Durante la fase proattiva, le attività di sicurezza coinvolgono tutte le figure all'interno dello stabilimento e non solo riguardanti il management.

2.3.2 COST DEPLOYMENT

Il pilastro del Cost Deployment permette di definire efficaci piani di miglioramento a seguito dell'individuazione delle perdite e degli sprechi all'interno degli stabilimenti. Questo pilastro rappresenta una delle maggiori novità rispetto ai sistemi di miglioramento aziendali pre-esistenti, poiché associa un costo alle singole perdite e le prioritizza in maniera ottimale in funzione del loro impatto economico.

È per questo motivo che il Cost Deployment è definito come il pilastro guida ("agisce come una sorta di navigatore") del WCM, ovvero quello strumento che

consente di identificare le priorità di intervento in termini di perdite/inefficienze, indirizza e classifica le attività da seguire e individua la “strada” da seguire.

L’obiettivo del CD è quindi valutare ed ottimizzare la riduzione dei costi, trovare inutili perdite e sprechi ed arginarle il più possibile attraverso l’uso di strumenti avanzati.

La caratterizzazione delle priorità avviene a seguito di un’analisi del rapporto Benefici/Costi di ciascun progetto da seguire per la risoluzione dei problemi precedentemente individuati: maggiore sarà il valore ottenuto da tale rapporto, maggiore sarà la priorità ottenuta dal progetto in esame.



Figura 7. Il rapporto Benefici/Costi

Come per gli altri pilastri, il CD percorre sette step, avvalendosi di diverse matrici, ognuna con una importante funzione:

- Matrice A: si occupa della localizzazione delle perdite nei processi;
- Matrice B: si occupa di identificare le prime cause delle perdite, distinguendole in perdite causali o risultanti, a seconda che la perdita sia sorgente (e quindi prioritaria) oppure subordinata ad altre perdite;
- Matrice C: si occupa di valorizzare le perdite, ovvero associa un costo a ciascuna e le classifica in funzione dell’impatto economico;

- Matrice D: si occupa di scegliere la metodologia più efficace ed appropriata per combattere una determinata perdita e ne associa il pilastro e la competenza;
- Matrice E: valuta il rapporto B/C di ogni singolo progetto e l'impatto sui KPI (Key Performance Index) di stabilimento;
- Matrice F: effettua il monitoraggio e il follow-up dei progetti redigendo un Piano di miglioramento;
- Matrice G: analizza e mette in relazione i saving ottenuti con le stime iniziali e col budget di stabilimento, valutando se il piano di miglioramento possa essere ulteriormente ottimizzato. La matrice G è il confronto finale fra le perdite evidenziate nell'attività di Cost Deployment e i costi previsti per il Budget anno successivo

2.3.3 FOCUSED IMPROVEMENT

Questo pilastro è fortemente legato al Cost Deployment, in quanto il suo obiettivo consiste nell'eliminazione delle perdite riscontrate attraverso opportune metodologie di attacco.

L'approccio utilizzato per eliminare le cause delle perdite e degli sprechi è denominato ciclo di Deming, altrimenti conosciuto come metodo PDCA (Plan Do Check Act).

Il funzionamento di questo ciclo è il seguente:

- 1 Fase Plan: analisi del problema e delle possibili cause, ricerca di soluzioni opportune ed indirizzate alla "causa radice" del problema;
- 2 Fase Do: applicazione della migliore soluzione individuata;
- 3 Fase Check; verifica dell'efficacia della contromisura applicata nella fase precedente;
- 4 Fase Act: standardizzazione della soluzione ed implementazione della stessa a perdite analoghe o simili (nel caso in cui la fase Check abbia dato un responso positivo).



Figura 8. La ruota PDCA

2.3.4 AUTONOMOUS ACTIVITIES

Questo pilastro si divide in due sottopilastr:

- Autonomous Maintenance (AM);
- Workplace Organization (WO).

Tali sottopilastr vengono incluse nello stesso pilastro in quanto l'obiettivo di quest'ultimo consiste nell'azzeramento di perdite o guasti riportando un'area di lavoro o un macchinario alle condizioni di base. Tali attività vengono realizzate dagli uomini della produzione

2.3.4.1 AUTONOMOUS MAINTENANCE

La Manutenzione Autonoma (AM) riguarda quelle attività da seguire per effettuare una manutenzione preventiva dei macchinari di primo livello: trattasi di attività di pulizia, controlli, ispezioni, sostituzioni, montaggi e piccole riparazioni.

L'obiettivo di questo pilastro è quindi prevenire i guasti degli impianti e dei macchinari e ridurre il più possibile le microfermate cercando di mantenere le condizioni di base.

Tali attività possono venir svolte da qualunque operatore all'interno di un'area di produzione e che interagisce quotidianamente con i macchinari.

Di fondamentale importanza per una efficace applicazione del pilastro è quindi il totale coinvolgimento degli operatori nelle attività di miglioramento e della cura dei macchinari.

2.3.4.2 WORKPLACE ORGANIZATION

L'obiettivo di questo pilastro è l'ottimizzazione della produttività agendo sulla riduzione di tutte le attività a Non Valore Aggiunto e sulle inefficienze del luogo di lavoro in tutte quelle aree "Labour Intensive" (ovvero quelle aree dove il lavoro umano è prevalente rispetto a quello dei macchinari), rispettando principi cardine in termini di sicurezza ed ergonomia come ad esempio il Minimum Material Handling e la Golden Zone.

Le attività svolte in WO sono quindi essenzialmente:

- Mantenimento delle condizioni di base di un'area di lavoro attraverso attività di ordine e pulizia;
- Sicurezza;
- Riduzione attività NVA;
- Ergonomia;
- Corretta sistemazione ed alimentazione dei materiali;
- Standardizzazione delle operazioni.

In fase reattiva, vengono svolte le seguenti attività:

- Applicazione delle 5S;

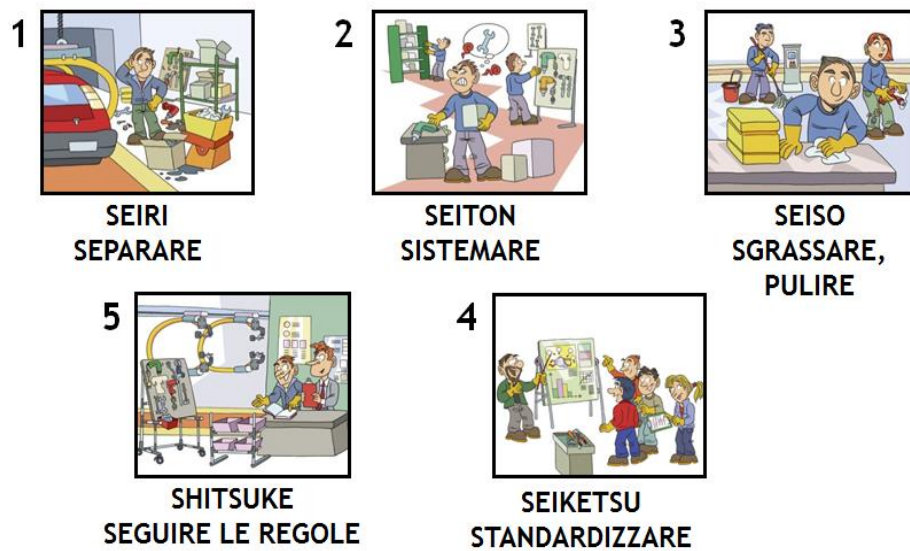







Figura 9. Il metodo delle 5S

- Analisi ed abbattimento di:
 - Muri: sprechi di tempo derivanti problemi derivanti dalla fatica (posizioni non ergonomiche);
 - Mura: sprechi di tempo derivanti da problemi di variabilità o non standardizzazione (per esempio operazioni non standardizzate o confusionarie);
 - Muda: sprechi di tempo derivanti da attività a Non Valore Aggiunto

	Cause	Activities
1.Muri	Unnatural operations 	Ergonomic Analysis 
2.Mura	Irregular operations 	Standard Operations 
3.Muda	Waste 	Reduction Activities NVAA

- Bilanciamento delle linee produttive.

2.3.5 PROFESSIONAL MAINTENANCE

L'obiettivo di questo pilastro è l'eliminazione di ogni forma di guasto all'interno dei macchinari e la realizzazione di un sistema di manutenzione efficace che prevenga la nascita di malfunzionamenti al fine di prolungare la vita dei macchinari e degli impianti.

Grazie all'implementazione dei 7 step è inoltre possibile migliorare il livello OEE (Overall Equipment Effectiveness) della macchina.

Durante la fase reattiva, si svolgono quelle attività che riportano l'impianto alle condizioni di base.

In fase preventiva, si effettuano quelle attività che allungano la vita dei componenti delle macchine attraverso attività di manutenzione predittiva e correttiva. Viene adottato il cosiddetto sistema TBM (Time Based Maintenance), un sistema che ottimizza i cicli di manutenzione riducendone anche i costi.

Negli step proattivi si ha l'obiettivo di passare in maniera totale da una manutenzione a guasto a una manutenzione preventiva e di una gestione accurata dei costi annessi, adottando il sistema CBM (Condition Based Maintenance).

2.3.6 QUALITY CONTROL

L'obiettivo di questo pilastro è la soddisfazione del cliente, ovvero l'eliminazione di tutti i difetti nei prodotti riducendo al minimo i costi, andando ad agire sul processo di produzione e non sul prodotto finale.

L'analisi dei problemi qualitativi relativi ai prodotti viene effettuata attraverso lo strumento delle 4M (conosciuto anche come diagramma di Ishikawa), che associa a ogni difetto la sua root cause (Macchina, Uomo, Metodo o Materiale).

Un'ottima logistica si fonda sui principi base del Just In Time (JIT), come ad esempio:

- Il raggiungimento del One Piece Flow, ovvero un flusso continuo e regolare che non generi attese o buffer, al fine di ridurre il più possibile il Lead Time (tempo di attraversamento del prodotto, dalla sua creazione fino al cliente finale);

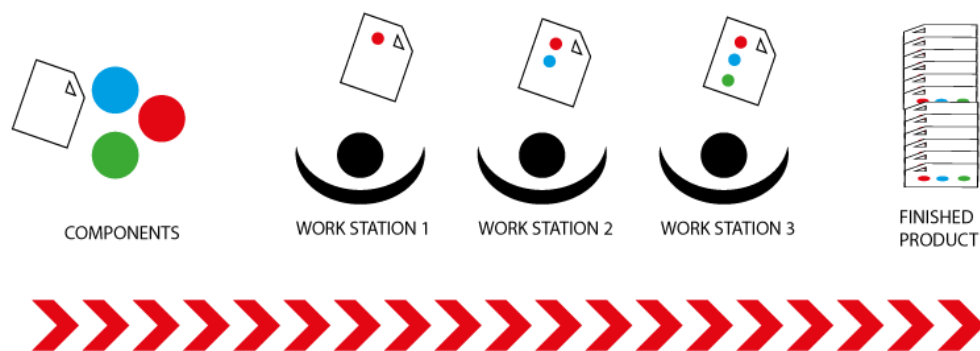


Figura 12. Il concetto del One Piece Flow

- Logica FIFO (First In, First Out), ovvero una logica efficiente di asservimento dei materiali secondo la quale il primo componente posizionato in un magazzino o in buffer è il primo ad uscire da questi ultimi per rifornire la postazione di produzione desiderata.

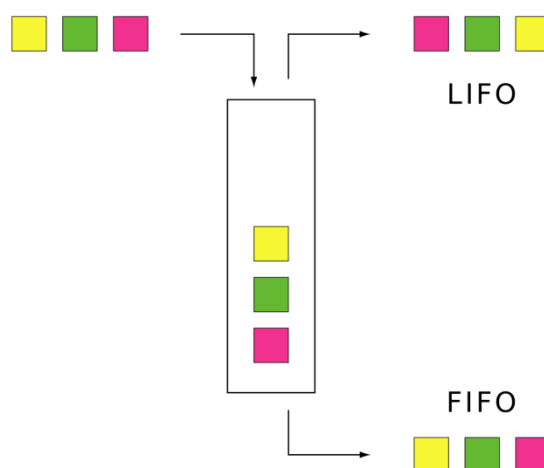


Figura 13. Differenza tra logica LIFO e FIFO

- Sistema Pull: il flusso conduce la produzione, ovvero quando lo svolgimento dell'attività a valle (il cliente) governa le attività a monte;
- Attuazione della Milk Run, un sistema di approvvigionamento frequente dei materiali;

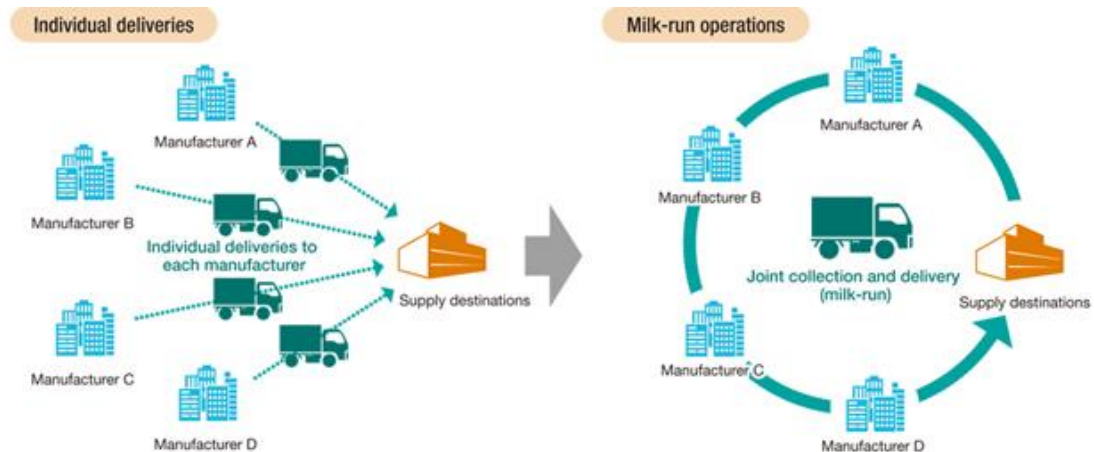


Figura 14. Il concetto della Milk-Run

2.3.8 EARLY EQUIPMENT AND PRODUCT MANAGEMENT

Questo pilastro si divide in due sottopilastrini:

- Early Equipment Management per la gestione dei nuovi impianti;
- Early Product Management per la gestione dei nuovi prodotti;

2.3.8.1 EARLY EQUIPMENT MANAGEMENT

L'obiettivo di questo sottopilastrino consiste nel miglioramento e nella competitività degli impianti sin dalle fasi di progettazione, basandosi sul concetto del Front Loading, cioè su quella capacità di anticipare i problemi che gli impianti possono presentare prima dell'avviamento produttivo.

Tale approccio presenta il fondamentale vantaggio di intervenire nella risoluzione dei problemi a monte della fase di produzione, riducendo tempi e costi delle modifiche apportate.

Di fondamentale importanza è quindi l'esperienza maturata negli impianti passati, che costituisce la base da cui partire per prevenire i problemi.

Un ulteriore concetto dell'EEM è il Life Cycle Cost, ovvero della valutazione dei costi sull'intero ciclo di vita dell'impianto in fase di scelta del fornitore, così da avere un quadro generale tra costi di avviamento e costi di mantenimento e optare per la scelta più conveniente.

2.3.8.2 EARLY PRODUCT MANAGEMENT

Questo pilastro subentra nella fase di lancio di nuovi prodotti.

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Diminuire i tempi di lancio dei nuovi prodotti sul mercato;
- Digitalizzare prodotti e processi;
- Diminuire i tempi della messa a regime dei nuovi prodotti.

2.3.9 PEOPLE DEVELOPMENT

Questo pilastro tratta dello sviluppo della formazione e delle competenze WCM di tutti i ruoli di stabilimento.

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- L'annullamento dei gap di competenza;
- Stimolare il coinvolgimento dei lavoratori nelle attività di miglioramento;
- Sviluppare personale di alto livello e adattabile a nuovi incarichi.

Uno strumento utilizzato in questo pilastro è la Radar Chart, un grafico che permette di visualizzare le competenze di ciascun operatore e i gap che deve colmare tramite formazione.

Tale Radar Chart risulta di fondamentale importanza anche nella costruzione di team di lavoro, favorendo lo sviluppo di team equilibrati con competenze trasversali e ad ogni livello.

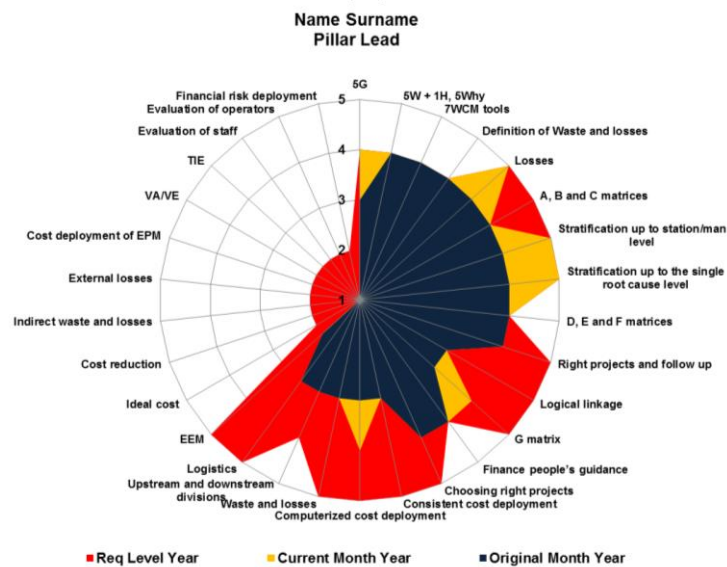


Figura 15. La Radar Chart

In fase reattiva ci si concentra sull'eliminazione degli errori umani commessi nelle postazioni di lavoro, utilizzando degli strumenti come il TWTP (The Way To Teach People) o l'HERCA (Human Error Root Cause Analysis).

In fase preventiva si crea un sistema di formazione mirata ad annullare i gap di competenza rispetto alle necessità previste dalla mansione.

In fase proattiva si agisce con una formazione mirata a necessità future dello stabilimento e allo sviluppo delle soft skills manageriali.

2.3.10 ENVIRONMENT & ENERGY

Questo pilastro si divide in due sottopilastri:

- Environment
- Energy

2.3.10.1 ENVIRONMENT

Questo pilastro tratta della gestione ambientale e dei rifiuti all'interno degli stabilimenti nell'ottica di sviluppare processi ad impatto zero.

L'obiettivo del pilastro Environment è quello di realizzare un programma efficace riguardo il rispetto ambientale e di mettere in atto progetti di miglioramento per la salvaguardia del territorio circostante, cercando di minimizzare il più possibile l'impatto dei prodotti, dei servizi e dei processi sull'ambiente.

Un concetto cardine in tema rifiuti utilizzato in WCM è la piramide delle 5R, dove la punta della piramide rappresenta l'obiettivo da realizzare. In particolare, gli step della piramide sono:

- 1 Reject, ovvero “rifiutare il rifiuto”, cercare di non produrne, il che è l'obiettivo ambito;
- 2 Reduce, ridurre i rifiuti prodotti;
- 3 Reuse, riutilizzare determinati prodotti anziché buttarli via;
- 4 Recycle, riciclare i rifiuti prodotti;
- 5 Recover, eliminare i rifiuti con metodi già esistenti.

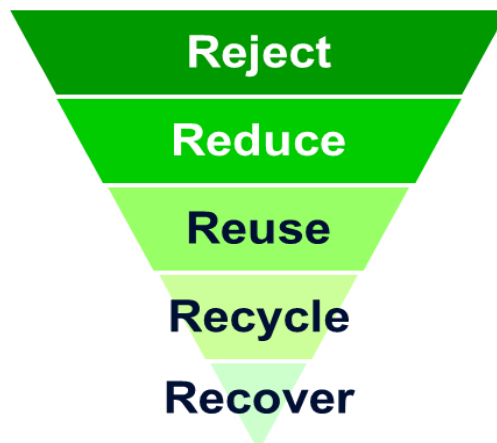


Figura 16. La piramide delle 5R

2.3.10.2 ENERGY

L'obiettivo di questo pilastro è l'eliminazione di tutte le perdite energetiche all'interno degli stabilimenti.

In fase reattiva si procede con lo sviluppo di un'analisi dei consumi energetici, differenziando i consumi fissi (ovvero quelli indipendenti dalla produzione) e i consumi variabili.

Nelle fasi successive si applicano delle soluzioni per ridurre i consumi maggiori all'interno degli impianti, e in caso di responsi positivi, espandere metodo e soluzione a perdite simili situate in altre aree.

2.4 I 10 PILASTRI MANAGERIALI

2.4.1 MANAGEMENT OF COMMITMENT

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Sviluppare un'organizzazione che implementi in maniera esaustiva i concetti WCM;
- Sviluppare WCM skills e partecipazione degli operatori;
- Sviluppare competenze di Leadership;
- Definire audit e briefing riguardo l'avanzamento dei concetti WCM.

2.4.2 CLARITY OF OBJECTIVES

Gli obiettivi del pilastro sono:

- Definire obiettivi chiari, a scanso di fraintendimenti e motivanti;
- Ricercare le cause radice delle perdite e degli sprechi;
- Sviluppare in efficace sistema di comunicazione tra i vari reparti negli stabilimenti;
- Diffondere gli obiettivi e il trend dei KPI a tutti i livelli per stimolare la partecipazione.

2.4.3 ROUTE MAP TO WCM

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Definire un percorso definito ed ambizioso riguardo lo sviluppo dei concetti WCM;

- Sviluppare efficaci piani di formazione per raggiungere gli obiettivi prefissati;
- Sviluppare la Production Engineers per la crescita dello stabilimento;

2.4.4 ALLOCATION OF HIGHLY QUALIFIED PEOPLE

Gli obiettivi del pilastro sono:

- Efficace allocazione delle persone per lo sviluppo delle logiche WCM;
- Efficace formazione di team tecnici che coordinino le attività;
- Sviluppare un sistema di formazione per accrescere le risorse all'interno di uno stabilimento;
- Standardizzare le corrette allocazioni in tutte le aree dello stabilimento.

2.4.5 COMMITMENT OF ORGANIZATION

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Sviluppare il livello di coinvolgimento di tutti gli operatori;
- Sviluppare una visione d'insieme sulle attività WCM;
- Sviluppare una corretta delegazione al fine di dare responsabilità ai team operativi;
- Perseguire l'obiettivo dello zero optimum.

2.4.6 COMPETENCE OF THE ORGANIZATION

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Sviluppo delle competenze manageriali e legate al Problem Solving all'interno dell'organizzazione;
- Accurata pianificazione delle attività per implementare il WCM;
- Sviluppo di obiettivi ambiziosi per stimolare e far crescere il personale.

2.4.7 TIME & BUDGET

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Sviluppare e controllare le tempistiche dei progetti;
- Sviluppare e controllare il budget dei progetti;
- Calcolare il rapporto Benefici/Costi dei progetti di miglioramento;
- Applicare il concetto del Front Loading dei sottopilastrini EEM e EPM.

2.4.8 LEVEL OF DETAIL

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Indicare la causa radice delle perdite e degli sprechi;
- Eliminare i problemi più complessi;
- Utilizzare sketch e disegni per visualizzare in maniera più immediata il problema;
- Portare la voce del cliente all'interno dello stabilimento.

2.4.9 LEVEL OF EXPANSION

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Estendere il metodo WCM dall'Area Modello, all'Area di Espansione fino a tutto lo stabilimento;
- Controllare l'avanzamento degli step in tutti i pilastri;
- Integrare i fornitori all'interno delle logiche WCM;

2.4.10 MOTIVATION OF OPERATORS

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- Motivare opportunatamente e in maniera continua tutti gli operatori;
- Favorire la creazione di team di lavoro per progetti e risoluzioni di problemi;
- Sviluppare piani per ridurre l'assenteismo
- Sviluppare sistemi di rewarding che premino gli operatori che abbiano dato un plus a determinati progetti.

2.5 WCM ACADEMY: MIRAFIORI

La WCM Academy di Mirafiori, situata a Torino e sede in cui è stato effettuato lo studio di questa tesi, è uno dei centri di formazione WCM più importanti al mondo, al pari delle Academy di Pernambuco, di Melfi, di Warren, di Cassino e di Melfi.

Dato che una delle key-words in WCM è il concetto di “Gemba”, è stato necessario dal 2005 in poi creare ambienti “learning friendly” ove sia possibile apprendere tutti i concetti World Class ed applicarli in maniera pratica.

Nelle WCM Academy si coniugano infatti le lezioni teoriche e pratiche, con metodologie nuove ed innovative, “serious games” e aree dedicate alla simulazione che accelerano l’apprendimento dei partecipanti alla formazione.

Tra gli obiettivi di queste Academy vi è:

- Il coinvolgimento delle persone;
- Una continua crescita professionale a tutti i livelli;
- Approccio di apprendimento di tipo induttivo “Hands On”, basato sulla realizzazione di attività pratiche;
- Creare un ambiente “learning friendly”, ove le persone possano apprendere e potersi permettere di sbagliare senza ripercussioni sulle performance aziendali.

La scelta di creare un’Academy a Mirafiori è strategica: Mirafiori è una delle sedi storiche della Fiat, in cui vi sono ancora diversi centri produttivi:

- Mirafiori Meccanica;
- Mirafiori Presse;
- Mirafiori Carrozzeria;
- Maserati Grugliasco.

In Piemonte vi sono inoltre lo stabilimento Fiat Powertrain di Verrone e il Centro Ricerche Fiat, nonché il Politecnico di Torino che fornisce una collaborazione continua e costante dal punto di vista accademico e professionale.

La Mirafiori WCM Academy è quindi in una posizione geograficamente strategica e quindi adatta a potenziare l'attività formativa di tutti gli operatori e ad accogliere un bacino di utenza veramente elevato.

Alcuni dati interessanti (aggiornate a Giugno 2017) che diano un'idea del lavoro svolto nell'Academy di Torino sono le seguenti:

- > 5000 ore di training;
- > 10 laboratori, in cui vengono svolte simulazioni e prove pratiche;
- 165 corsi WCM, il pacchetto di percorsi di formazione personalizzati;
- > 700 eventi, corsi e workshop realizzati;
- Più di 6500 persone coinvolte, tra le quali fornitori, clienti e WCM Association.

3 DIGITALIZZAZIONE DELLA WCM ASSEMBLY LINE

3.1 DESCRIZIONE DELLA LINEA DI SIMULAZIONE WCM ASSEMBLY LINE

La linea in cui vengono implementati i software digitali oggetto di questa tesi è la WCM Assembly Line.

Questa linea simulativa di produzione tratta l'assemblaggio di una versione personalizzata del kart giocattolo Mopar, denominata Berg Buzzy Fiat 500. La personalizzazione del kart è stata effettuata attraverso l'uso di diversi adesivi con loghi 500 e Fiat.



Figura 17. Il modello personalizzato Berg Buzzy Fiat 500

La linea di montaggio è composta da sei stazioni e un controllo qualità a valle della linea. Vi è inoltre un magazzino alle spalle della linea per il rifornimento dei componenti necessari in ciascuna postazione.

Tale magazzino è composto da 11 scaffali a gravità, aventi ciascuno determinate cassette Odette (standardizzate in Europa) contenenti materiali classificati con lettere dalla A alla M.



Figura 18. Il magazzino della WCM Assembly Line

Ciascun componente dispone di un codice seriale che individua la classe del materiale, suddivisi in:

- Materiali di classe C, i componenti più piccoli e che si consumano più in fretta;
- Materiali di classe AA, i componenti più delicati e costosi;
- Materiali di classe AB, i componenti più voluminosi;
- Materiali di classe B, i componenti intermedi.

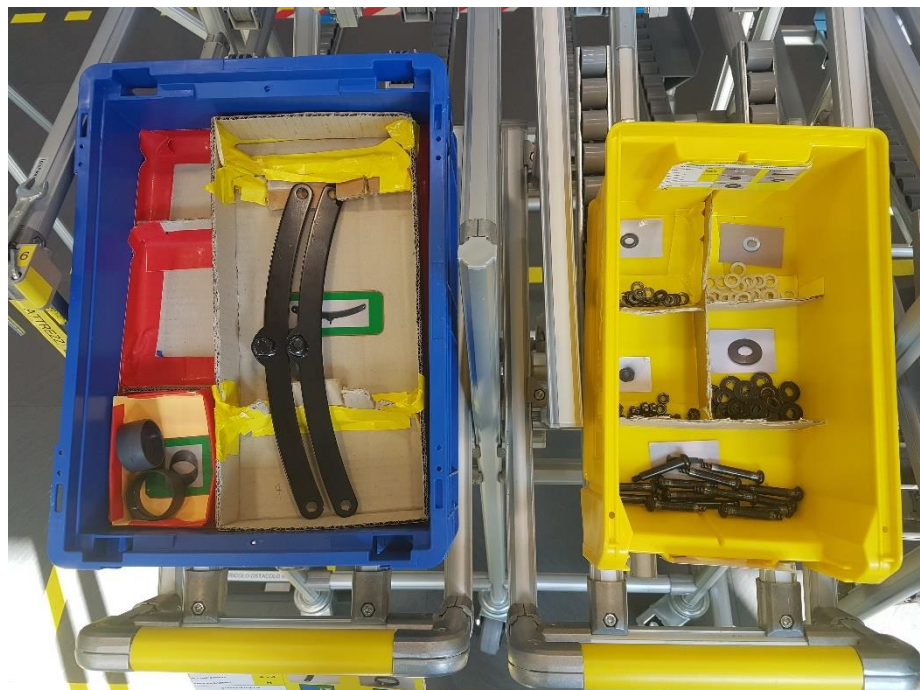


Figura 19. Cassette odette posizionate su SAG. situate nella WCM Assembly Line

Ogni postazione possiede:

- Un monitor touch screen con software NPL e un lettore di codice a barre. Il terminale ha 4 funzioni:
 - Segnalare la presenza di difetti;
 - Segnalare la non corretta sequenza dei modelli che devono passare attraverso la postazione;
 - Verifica dei componenti tramite scansione codice a barre;
 - Mostrare all'operatore le SOP (Standard Operating Procedure) e le OPL (One Point Lesson) per aiutarlo nella procedura di montaggio.
- Strumenti di lavoro (chiavi a brugole e avvitatori automatici)
- Componenti del kart necessari al montaggio, posti su cassette odette di diverse dimensioni, su degli scaffali a gravità (SAG).



Figura 20. Distribuzione efficace dei componenti in una cassetta odette

Per come è concepita e fornita agli utenti, la linea è così suddivisa:

1. OP10: montaggio boccola gruppo sterzante, gruppo sterzante e inserimento barra di sterzo;
2. OP20: inserimento cover frontale e canotto di sterzo;
3. OP30: inserimento volante;
4. Op40: inserimento ruote anteriori;
5. OP50: inserimento asse posteriore e ruote posteriori;
6. OP60: inserimento sedile, fregio del volante e i 4 coprimozzo.



Figura 21. Le 6 postazioni di assemblaggio del kart

La formazione su questa linea necessita di un numero di persone da 9 a 12:

- Un operatore per stazione col compito di assemblaggio;
- Un operatore logistico per il rifornimento delle postazioni;
- Un operatore logistico che porti il kart dalla postazione controllo qualità all'area prodotti finiti;
- Un operatore al controllo qualità;

- Un osservatore per individuare eventuali correzioni o miglioramenti;
- Un Time Keeper che prenda i tempi di Lead Time, Takt Time e tempo della simulazione;
- Un Team Leader che coordini le attività e stimoli gli operatori.

La simulazione è strutturata nel seguente modo:

1. 15 minuti concessi ai partecipanti per familiarizzare con la linea e con le procedure di assemblaggio, nonché per avere una prima idea riguardo tutti i difetti (abilmente confezionati dai pillar WCM) di una linea non ottimizzata, sbilanciata, caotica, non ergonomica, non standardizzata e inefficiente;
2. Turno di produzione di 15 minuti;
3. 2 ore di brainstorming in cui si discute di tutti i problemi riscontrati durante la simulazione, delle esperienze in ciascuna postazione e delle possibili soluzioni da adottare per migliorare la produttività della linea. Durante questa fase vengono fornite dai pillar WCM importanti informazioni, materiale, grafici e indicazioni;
4. Secondo turno di simulazione di 15 minuti con tutte le modifiche concordate dal team.

3.2 SCOPO DELLA SIMULAZIONE SULLA WCM ASSEMBLY LINE IN TERMINI FORMATIVI

La formazione di questa simulazione abbraccia diversi pilastri, in primis quelli di Logistica, Workplace Organization, Quality Control e Sicurezza. Di seguito i principali problemi che i partecipanti devono attaccare per migliorare la produttività della linea:

1. Riguardo il pilastro Workplace Organization, il layout è inefficiente, la linea è sbilanciata, i materiali non sono ben organizzati, le postazioni non sono ergonomiche e gli operatori non lavorano in Golden Zone. Le linee inoltre seguono una logica push che inficia notevolmente sulla produttività

dell'impianto. Si effettua quindi un'analisi Muri Mura Muda per eliminare i sovraccarichi di persone e attrezzature, nonché per rimuovere tutte le attività di non valore aggiunto e le sequenze illogiche delle operazioni. La linea deve essere quindi dissaturata ed equilibrata per eliminare colli di bottiglia e avvicinare i tempi di ogni postazione al tempo ideale di takt-time al minimo costo. L'utilizzo di alcune attrezzature automatiche può ridurre e facilitare il compito di ciascun operatore.

2. Riguardo il pilastro Logistica, i flussi di materiale non sono organizzati, l'operatore logistico è costretto a seguire percorsi disordinati e inefficienti, poiché non esiste un sistema Kanban, non c'è un sistema chiamata materiali e all'interno delle cassette Odette vi è confusione e disordine.



Figura 22. Efficace collocazione dei componenti all'interno di una cassetta odette

La gestione FIFO non è garantita e la produzione segue un approccio push. È necessario quindi implementare un efficace sistema di cartellini Kanban per

indirizzare l'operatore logistico a rifornire le giuste postazioni nei tempi stabiliti, nonché orientare la produzione in una logica pull.

COMPONENTE : KIT SELLINO + VOLANTE + FREGIO + COPRIMOZZO		
CARATTERISTICHE PRINCIPALI	FOTO PARTICOLARE	
STAZIONE DI MONTAGGIO: NPL_OP50	<div> Pn:3 Pz:2 I  </div> <div> Pn:19 Pz:8 H  </div> <div> Pn:2 Pz:2 H  </div> <div> Pn:9 Pz:2 L  </div>	
MODELLO: BERG Buzzy Flat 500		
PART NUMBERS: 2-3-9-19		
N° COMPONENTI: 2-2-2-8		
AREA MAGAZZINO H-I-L-H		
CASSETTA ODETTA		
PICCOLA	MEDIA	GRANDE
X		

Figura 23. Cartellino Kanban della postazione OP60

3. Riguardo il pilastro Quality Control, vi è una mancanza di opportuni strumenti di verifica, il controllo qualità avviene in maniera grossolana e con una procedura macchinosa e inefficiente (viene fornita una lista con i più comuni errori che possono accadere durante la simulazione, con allegate descrizione e foto non molto esplicative). Delle implementazioni efficaci per migliorare il controllo qualità potrebbero essere quindi l'uso di strumenti professionali e dedicati e/o un punto di controllo qualità durante il processo.

3.3 IMPLEMENTAZIONE DELLA DIGITALIZZAZIONE DELLA LINEA

Lo scopo e l'oggetto di questa tesi consiste dapprima nel descrivere ed illustrare le potenzialità ed i vantaggi di determinati software, per poi infine applicarli alla WCM Assembly Line.

I software che vengono utilizzati ed applicati alla linea sono i seguenti:

1. Siemens TeamCenter
2. TiCon
3. Siemens Tecnomatic Plant Simulation

Gli obiettivi preposti da raggiungere sono i seguenti:

- Una maggiore efficienza della linea in termini di produttività;
- Una diminuzione della percentuale di scarti;
- Un'ottimizzazione dei tempi e delle risorse umane;
- Un'ottimizzazione ergonomica delle postazioni di lavoro;
- Una maggiore facilità di implementare soluzioni future senza stravolgere l'impianto.

Il software TeamCenter provvederà a:

- Ottimizzare il ciclo delle operazioni;
- Inserire il ciclo unico all'interno di un server dedicato FCA;
- A semplificare il ciclo senza ridurre i dettagli;
- Allegare al ciclo una sezione contenente le attrezzature necessarie;
- Creare file 3D della linea, del prodotto e delle attrezzature.

Il software TiCon provvederà a:

- Bilanciare la linea di produzione;
- Creare una linea ergonomica;
- Individuare tutte le VAA, NVAA e SVA.

Il software Plant Simulation provvederà a:

- Sviluppare delle simulazioni della linea;
- Individuare la produttività dell'impianto;
- Individuare l'utilizzo dei buffer;
- Analizzare takt-time e Lead Time.

4 IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE TEAMCENTER

4.1 IL SOFTWARE SIEMENS TEAMCENTER

Il software Siemens Teamcenter è la soluzione PLM adottata da FCA di Siemens Industry Software (conosciuta storicamente come iMAN di UGS PLM Solutions).

Teamcenter è stato utilizzato per la prima volta nel 2007 in FPT Fiat Powertrain Technologies, il settore del gruppo FCA che raggruppa tutte le attività inerenti ai motopropulsori di Fiat Auto, Iveco, Centro Ricerche Fiat, etc.

È stato deciso di implementare tali tecniche basate sulla validazione virtuale a seguito della necessità di aumentare l'efficienza delle sedute di lavoro collettive e di ridurre il numero di prototipi costruiti.

L'implementazione in FCA di un software PLM (Product Lifecycle Management) nell'ambito della progettazione è stato un passo necessario e innovativo per rimanere efficienti in un mercato che diventa di giorno in giorno sempre più competitivo, dato che vi sono numerosi vantaggi apportati dall'uso di questo software.



Figura 24. Ciclo di vita del prodotto

Un sistema PLM è un ambiente in cui è raccolta e coordinata tutta la vita “virtuale” di un prodotto, dalle fasi di analisi, dal reperimento dei dati necessari, dalla stesura dei requisiti e dalle idee raccolte, fino alla produzione del prodotto, alla sua distribuzione e al suo servizio post-vendita. Un sistema PLM permette inoltre a tutti i partecipanti di collaborare in tempo reale, aumentando l’efficienza aziendale.

Teamcenter è tra i software PLM più utilizzati al mondo. Lo scopo del sistema Teamcenter è quello di permettere l’archiviazione e la condivisione delle informazioni legate sia al prodotto che al processo in un database centrale, inglobando in esso anche tutta l’archiviazione degli stadi evolutivi e il loro riutilizzo. La complessità del prodotto, quindi, che in passato era uno svantaggio poiché generava errori e confusione, in un sistema Teamcenter diviene un vantaggio competitivo, individuando le possibilità di riutilizzo e trovando velocemente parti simili in progetti precedenti.

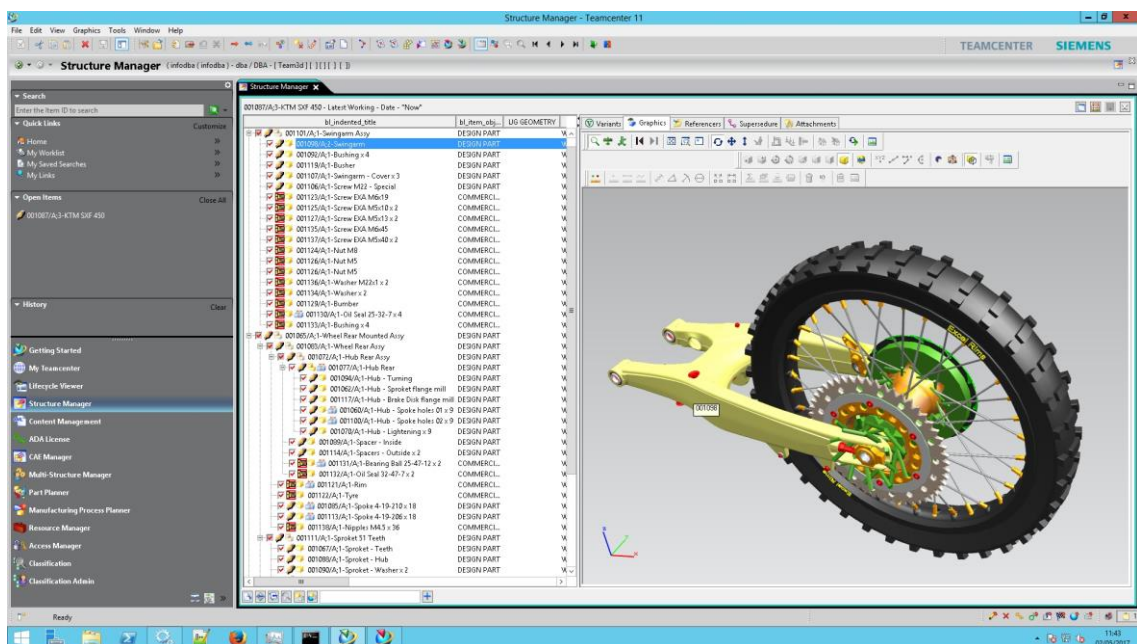


Figura 25. Schermata principale di un ciclo su TeamCenter

Questo software prevede una architettura distribuita dei dati. Il grande vantaggio derivante dall’uso di Teamcenter sta nel fatto che diversi database dislocati geograficamente presso diversi stabilimenti FCA siano sincronizzati col database

centrale, consentendo di definire e lavorare su una piattaforma univoca per sviluppare, migliorare ed innovare un determinato prodotto/processo.

Tutto è disponibile a tutti e con gli strumenti di uso quotidiano, in un sistema avente tutte le informazioni di prodotto derivanti dal processo di modellazione e disegno dei particolari.

In Teamcenter vi è una totale integrazione con gli strumenti di progettazione CAD multidominio quotidianamente utilizzati dai team di progettazione, quali ad esempio Inventor, Solidworks, ProEngineering, Catia, Solid Edge, NX, ma anche con diversi software di sviluppo prodotto e di simulazione, permettendo ai vari team di progetto di collaborare come se fossero un'unica entità, indipendentemente dal loro ruolo, dalle loro skills o dalla loro ubicazione geografica.

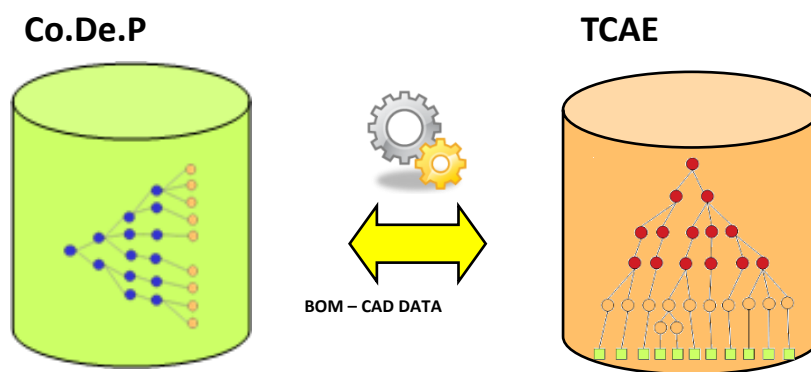


Figura 26. Integrazione tra Co.De.P. e TCAE

Teamcenter consente inoltre di gestire in maniera efficace le distinte base (BOM= Bill of Materials) inglobandole nella propria area di lavoro e rendendole disponibili non solo per la progettazione e lo sviluppo di un determinato prodotto, ma anche per configurazioni e pianificazioni preventive, attività di assistenza e di post-vendita.

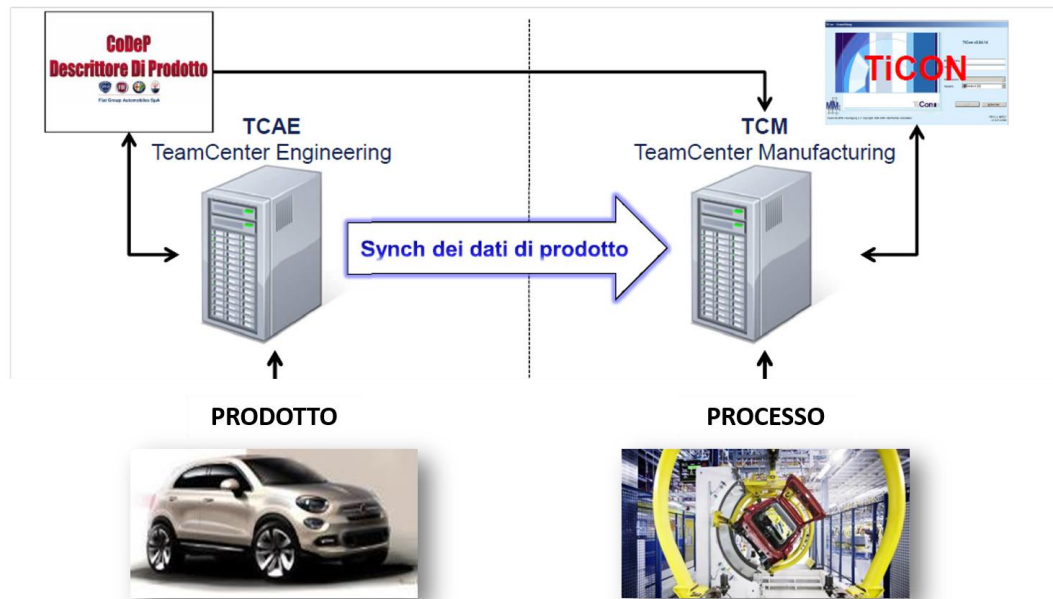


Figura 27. Ciclo del prodotto e del processo

Tra i notevoli vantaggi derivanti dall'uso del software Teamcenter figurano quindi:

- Gestione e condivisione delle informazioni e delle conoscenze dell'azienda in maniera unificata;
- Supporta l'azienda nello sviluppo di nuovi prodotti e/o processi;
- Riduzione del time-to-market, ovvero di quel tempo che intercorre dall'ideazione di un prodotto alla sua effettiva commercializzazione;
- Migliore integrazione tra persone, processi e impianti;
- Gestione di prodotti e processi sempre più complessi in maniera più semplificata, riunendo in un'unica piattaforma tutti i processi e snellendo le operazioni;
- Ottimizzazione dell'impiego e dell'allocazione delle risorse produttive

4.2 ATTIVITA' SVOLTE CON TEAMCENTER

- Sviluppo dell'attuale ciclo (non bilanciato e non ottimizzato) di assemblaggio del kart:
 - Creazione della BOM (Bill of Materials) all'interno dell'area "Product";

- Creazione degli strumenti utilizzati durante la produzione all'interno dell'area "Tool";
- Creazione del ciclo contenente tutte le operazioni e le fasi all'interno dell'area "Process";

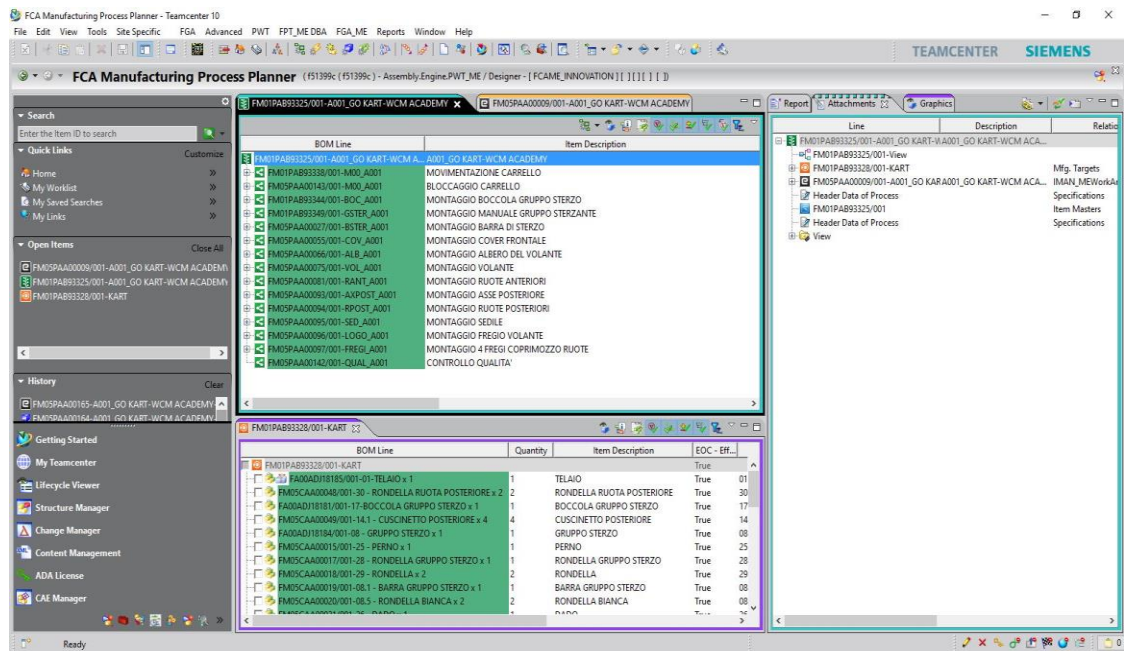


Figura 28. Schermata principale del ciclo su TC

- Creazione dell'area di lavoro all'interno della sezione "Workarea".
- Sviluppo del ciclo bilanciato e ottimizzato dopo le modifiche effettuate dai software TiCon e Plant Simulation
- Compilazione dei Report

4.2.1 CREAZIONE DELLA BILL OF MATERIALS

È stata creata all'interno del software la distinta base di tutti i materiali necessari all'assemblaggio del kart.

Per ogni item è stata definita la matricola, la sua descrizione e la quantità necessaria per la produzione di un singolo kart.

È stato inoltre creato il file 3D CAD di ciascun materiale attraverso l'utilizzo del software Siemens VisMockup, al fine di avere una visualizzazione più efficace rispetto a schemi 2D, disegni a mano libera o fotografie della linea stessa.

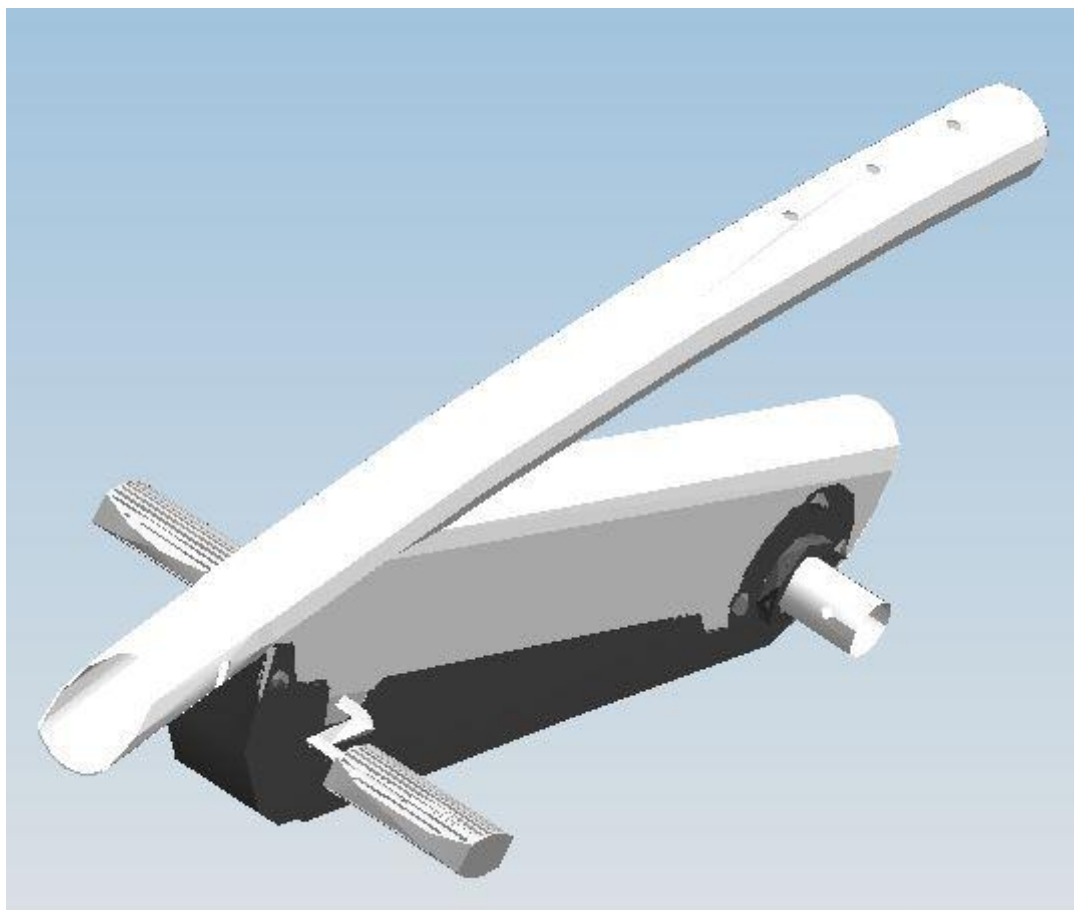


Figura 29. File 3D del telaio del kart

Tale distinta, seguendo la logica di TeamCenter, resterà usufruibile per chiunque abbia l'accesso al server WCM Innovation per progetti o implementazioni future.

BOM Line	Quantity	Item Description	EOC - Eff...	MATRICOLA	Rev Description	Rev Name	Item Name
FM01PAB93328/001-KART			True		KART	KART	
FA00ADJ18185/001-01-TELAIO x 1	1	TELAIO	True	01	TELAIO	01-TELAIO	01-TELAIO
FM05CAA00048/001-30 - RONDELLA RUOTA POSTERIORE x 2	2	RONDELLA RUOTA POSTERIORE	True	30	RONDELLA RUOTA ...	30 - RONDELLA RU...	30 - RONDELLA RU...
FA00ADJ18181/001-17-BOCCOLA GRUPPO STERZO x 1	1	BOCCOLA GRUPPO STERZO	True	17	BOCCOLA GRUPPO ...	17-BOCCOLA GRUP...	17-BOCCOLA GRUP...
FM05CAA00049/001-14.1 - CUSCINETTO POSTERIORE x 4	4	CUSCINETTO POSTERIORE	True	14.1	CUSCINETTO POSTE...	14.1 - CUSCINETTO ...	14.1 - CUSCINETTO ...
FA00ADJ18184/001-08 - GRUPPO STERZO x 1	1	GRUPPO STERZO	True	08	GRUPPO STERZO	08 - GRUPPO STERZO	08 - GRUPPO STERZO
FM05CAA00015/001-25 - PERNO x 1	1	PERNO	True	25	PERNO	25 - PERNO	25 - PERNO
FM05CAA00017/001-28 - RONDELLA GRUPPO STERZO x 1	1	RONDELLA GRUPPO STERZO	True	28	RONDELLA GRUPP...	28 - RONDELLA GR...	28 - RONDELLA GR...
FM05CAA00018/001-29 - RONDELLA x 2	2	RONDELLA	True	29	RONDELLA	29 - RONDELLA	29 - RONDELLA
FM05CAA00019/001-08.1 - BARRA GRUPPO STERZO x 1	1	BARRA GRUPPO STERZO	True	08.1	BARRA GRUPPO STE...	08.1 - BARRA GRUP...	08.1 - BARRA GRUP...
FM05CAA00020/001-08.5 - RONDELLA BIANCA x 2	2	RONDELLA BIANCA	True	08.5	RONDELLA BIANCA	08.5 - RONDELLA BL...	08.5 - RONDELLA BL...
FM05CAA00021/001-26 - DADO x 1	1	DADO	True	26	DADO	26 - DADO	26 - DADO
FM05CAA00022/001-10 - COVER FRONTALE x 1	1	COVER FRONTALE	True	10	COVER FRONTALE	10 - COVER FRONT...	10 - COVER FRONT...
FM05CAA00023/001-8.4 - TAPPO DI PROTEZIONE x 1	1	TAPPO DI PROTEZIONE	True	08.4	TAPPO DI PROTEZI...	8.4 - TAPPO DI PRO...	8.4 - TAPPO DI PRO...
FM05CAA00024/001-08.8 - MORSETTO METALLICO x 1	1	MORSETTO METALLICO	True	08.8	MORSETTO METALL...	08.8 - MORSETTO M...	08.8 - MORSETTO M...
FM05CAA00025/001-11 - ALBERO DEL VOLANTE x 1	1	ALBERO DEL VOLANTE	True	11	ALBERO DEL VOLA...	11 - ALBERO DEL V...	11 - ALBERO DEL V...
FM05CAA00026/001-15 - MORSETTO METALLICO COVER x 1	1	MORSETTO METALLICO COVER	True	15	MORSETTO METALL...	15 - MORSETTO ME...	15 - MORSETTO ME...
FM05CAA00027/001-11.1 - DISTANZIALE VOLANTE x 1	1	DISTANZIALE VOLANTE	True	11.1	DISTANZIALE VOLA...	11.1 - DISTANZIALE ...	11.1 - DISTANZIALE ...
FM05CAA00028/001-11.2 - PERNO VOLANTE x 1	1	PERNO VOLANTE	True	11.2	PERNO VOLANTE	11.2 - PERNO VOLA...	11.2 - PERNO VOLA...
FM05CAA00029/001-03 - VOLANTE x 1	1	VOLANTE	True	03	VOLANTE	03 - VOLANTE	03 - VOLANTE
FM05CAA00030/001-13 - RUOTA x 2	2	RUOTA	True	13	RUOTA	13 - RUOTA	13 - RUOTA
FM05CAA00031/001-13.1 - CUSCINETTO ANTERIORE x 4	4	CUSCINETTO ANTERIORE	True	13.1	CUSCINETTO ANTE...	13.1 - CUSCINETTO ...	13.1 - CUSCINETTO ...
FM05CAA00032/001-21 - DISTANZIALE x 2	2	DISTANZIALE	True	21	DISTANZIALE	21 - DISTANZIALE	21 - DISTANZIALE
FM05CAA00033/001-08.2 - RONDELLA ANTERIORE x 2	2	RONDELLA ANTERIORE	True	08.2	RONDELLA ANTERI...	08.2 - RONDELLA A...	08.2 - RONDELLA A...
FM05CAA00034/001-08.3 - PERNO ANTERIORE x 2	2	PERNO ANTERIORE	True	08.3	PERNO ANTERIORE	08.3 - PERNO ANTE...	08.3 - PERNO ANTE...
FM05CAA00035/001-12 - ASSE POSTERIORE x 1	1	ASSE POSTERIORE	True	12	ASSE POSTERIORE	12 - ASSE POSTERIO...	12 - ASSE POSTERIO...
FM05CAA00036/001-18 - BOCCOLA DI PLASTICA x 2	2	BOCCOLA DI PLASTICA	True	18	BOCCOLA DI PLAST...	18 - BOCCOLA DI P...	18 - BOCCOLA DI P...
FM05CAA00037/001-27 - PERNO ASSE POSTERIORE x 2	2	PERNO ASSE POSTERIORE	True	27	PERNO ASSE POSTE...	27 - PERNO ASSE P...	27 - PERNO ASSE P...
FM05CAA00038/001-26 - DADO x 2	2	DADO	True	26	DADO	26 - DADO	26 - DADO
FM05CAA00039/001-20 - DISTANZIALE RUOTA POSTERIORE x 1	1	DISTANZIALE RUOTA POSTERIORE	True	20	DISTANZIALE RUOT...	20 - DISTANZIALE R...	20 - DISTANZIALE R...
FM05CAA00040/001-13 - RUOTA x 2	2	RUOTA	True	13	RUOTA	13 - RUOTA	13 - RUOTA
FM05CAA00041/001-24 - PERNO RUOTA POSTERIORE x 2	2	PERNO RUOTA POSTERIORE	True	24	PERNO RUOTA POS...	24 - PERNO RUOTA ...	24 - PERNO RUOTA ...
FM05CAA00042/001-09 - SELLINO x 1	1	SELLINO	True	09	SELLINO	09 - SELLINO	09 - SELLINO
FM05CAA00043/001-22 - PERNO SELLINO x 1	1	PERNO SELLINO	True	22	PERNO SELLINO	22 - PERNO SELLINO	22 - PERNO SELLINO
FM05CAA00044/001-26 - DADO x 1	1	DADO	True	26	DADO	26 - DADO	26 - DADO
FM05CAA00045/001-29 - RONDELLA x 1	1	RONDELLA	True	29	RONDELLA	29 - RONDELLA	29 - RONDELLA

Figura 30. Schermata della finestra "Product"

4.2.2 CREAZIONE DEI TOOLS

È stato creato, all'interno di un'area dedicata, un ambiente contenente tutti gli attrezzi necessari per l'assemblaggio dei kart.

Tali attrezzature sono prevalentemente utensili ad uso manuale, come ad esempio brugole e chiavi, essendo una linea di produzione di tipo "Labour Intensive", ove le operazioni effettuate dall'uomo compongono la quasi totalità delle operazioni da effettuare.

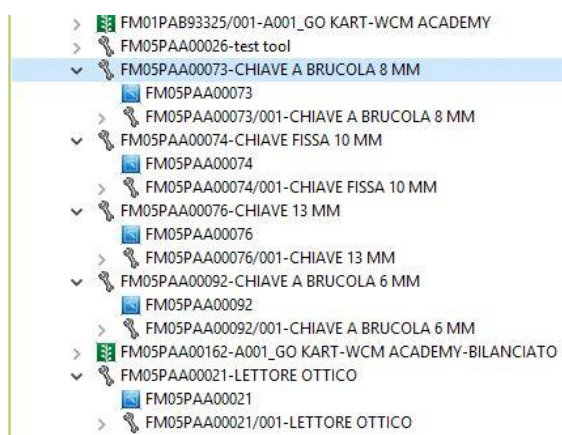
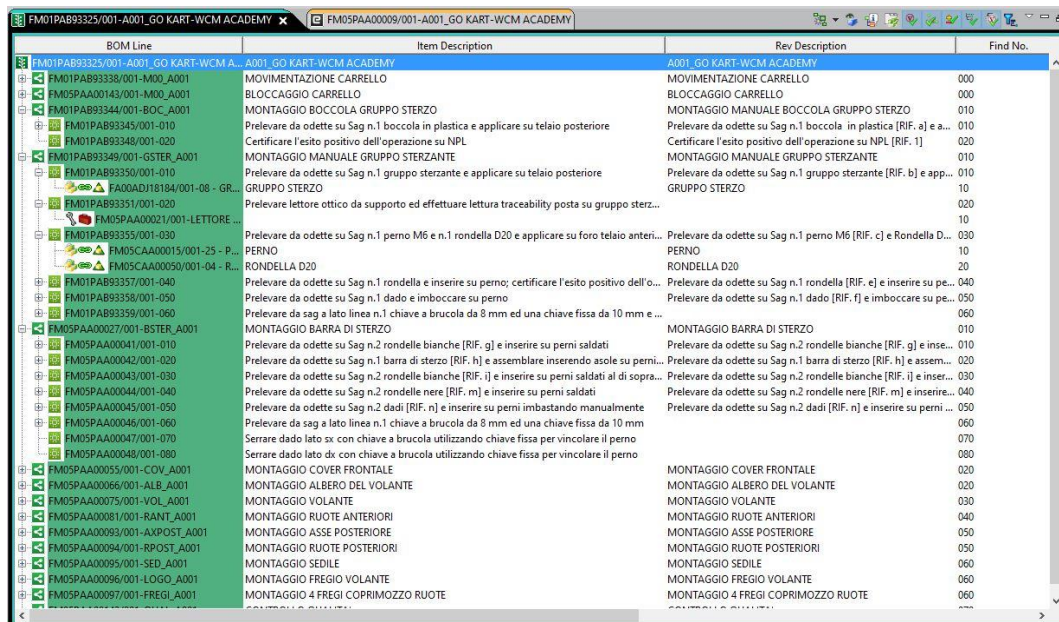


Figura 31. Schermata della finestra "Tools"

4.2.3 CREAZIONE DEL CICLO

Questa fase è il corpo dell'utilizzo che è stato effettuato del software TeamCenter. All'interno dell'area denominata "Process", è stato creato il ciclo nella sua interezza. La prima fase è stata la creazione del Processo, ovvero di quell'item che avrà al suo interno tutto ciò che concerne le operazioni, le fasi, la struttura, i materiali consumati e i tools utilizzati in tutto il ciclo. Successivamente sono state create le operazioni, ovvero la suddivisione dell'intero ciclo in sottocategorie indipendenti.



BOM Line	Item Description	Rev Description	Find No.
FM01PAB93325/001-A001_GO KART-WCM A...	A001_GO KART-WCM ACADEMY	A001_GO KART-WCM ACADEMY	
FM01PAB93338/001-M00_A001	MOVIMENTAZIONE CARRELLO	MOVIMENTAZIONE CARRELLO	000
FM05PAA00143/001-M00_A001	BLOCCAGGIO CARRELLO	BLOCCAGGIO CARRELLO	000
FM01PAB93344/001-B0C_A001	MONTAGGIO BOCCOLA GRUPPO STERZO	MONTAGGIO MANUALE BOCCOLA GRUPPO STERZO	010
FM01PAB93345/001-010	Prelevare da odette su Sag n.1 boccola in plastica e applicare su telaio posteriore	Prelevare da odette su Sag n.1 boccola in plastica [RIF. a] e a...	010
FM01PAB93348/001-020	Certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL	Certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL [RIF. 1]	020
FM01PAB93349/001-GSTER_A001	MONTAGGIO MANUALE GRUPPO STERZANTE	MONTAGGIO MANUALE GRUPPO STERZANTE	010
FM01PAB93350/001-010	Prelevare da odette su Sag n.1 gruppo sterzante e applicare su telaio posteriore	Prelevare da odette su Sag n.1 gruppo sterzante [RIF. b] e app...	010
FM01PAB93351/001-020	GRUPPO STERZO	GRUPPO STERZO	10
FM01PAB93351/001-020	Prelevare lettore ottico da supporto ed effettuare lettura traceability posta su gruppo sterz...		020
FM05PAA00021/001-LETTORE...			10
FM01PAB93355/001-030	Prelevare da odette su Sag n.1 perno M6 e n.1 rondella D20 e applicare su foro telaio anteri...	Prelevare da odette su Sag n.1 perno M6 [RIF. c] e Rondella D...	030
FM05CAA00015/001-25 - P...	PERNO	PERNO	10
FM05CAA00050/001-04 - R...	RONDELLA D20	RONDELLA D20	20
FM01PAB93357/001-040	Prelevare da odette su Sag n.1 rondella e inserire su perno; certificare l'esito positivo dell'...	Prelevare da odette su Sag n.1 rondella [RIF. e] e inserire su pe...	040
FM01PAB93358/001-050	Prelevare da odette su Sag n.1 dado e imboccare su perno	Prelevare da odette su Sag n.1 dado [RIF. f] e imboccare su pe...	050
FM01PAB93359/001-060	Prelevare da sag a lato linea n.1 chiave a brucola da 8 mm ed una chiave fissa da 10 mm e...		060
FM05PAA00027/001-BSTER_A001	MONTAGGIO BARRA DI STERZO	MONTAGGIO BARRA DI STERZO	010
FM05PAA00041/001-010	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche [RIF. g] e inserire su perni saldati	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche [RIF. g] e inse...	010
FM05PAA00042/001-020	Prelevare da odette su Sag n.1 barra di sterzo [RIF. h] e assemblare inserendo asole su perni...	Prelevare da odette su Sag n.1 barra di sterzo [RIF. h] e assem...	020
FM05PAA00043/001-030	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche [RIF. i] e inserire su perni saldati al di sopra...	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche [RIF. i] e inser...	030
FM05PAA00044/001-040	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle nere [RIF. m] e inserire su perni saldati	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle nere [RIF. m] e inserire...	040
FM05PAA00045/001-050	Prelevare da odette su Sag n.2 dadi [RIF. n] e inserire su perni imbastando manualmente	Prelevare da odette su Sag n.2 dadi [RIF. n] e inserire su perni ...	050
FM05PAA00046/001-060	Prelevare da sag a lato linea n.1 chiave a brucola da 8 mm ed una chiave fissa da 10 mm		060
FM05PAA00047/001-070	Serrare dado lato sx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno		070
FM05PAA00048/001-080	Serrare dado lato dx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno		080
FM05PAA00055/001-COV_A001	MONTAGGIO COVER FRONTALE	MONTAGGIO COVER FRONTALE	020
FM05PAA00066/001-ALB_A001	MONTAGGIO ALBERO DEL VOLANTE	MONTAGGIO ALBERO DEL VOLANTE	020
FM05PAA00075/001-VOL_A001	MONTAGGIO VOLANTE	MONTAGGIO VOLANTE	030
FM05PAA00081/001-RANT_A001	MONTAGGIO RUOTE ANTERIORI	MONTAGGIO RUOTE ANTERIORI	040
FM05PAA00093/001-AXPOST_A001	MONTAGGIO ASSE POSTERIORE	MONTAGGIO ASSE POSTERIORE	050
FM05PAA00094/001-RPOST_A001	MONTAGGIO RUOTE POSTERIORI	MONTAGGIO RUOTE POSTERIORI	050
FM05PAA00095/001-SED_A001	MONTAGGIO SEDILE	MONTAGGIO SEDILE	060
FM05PAA00096/001-LOGO_A001	MONTAGGIO FREGIO VOLANTE	MONTAGGIO FREGIO VOLANTE	060
FM05PAA00097/001-FREGI_A001	MONTAGGIO 4 FREGI COPRIMOZZO RUOTE	MONTAGGIO 4 FREGI COPRIMOZZO RUOTE	060

Figura 32. Schermata della finestra "Process"

La caratterizzazione di queste sottocategorie è stata effettuata seguendo una logica supportata da TiCon, ovvero la suddivisione del ciclo in blocchi a sé stanti dove ognuno identifica l'assemblaggio di un determinato blocco del kart.

Tali operazioni sono state ordinate seguendo la logica di assemblaggio e denominate a partire da Moo, dove "M" è un riferimento che il tipo di operazione è di tipo manuale.

All'interno delle operazioni, figurano di notevole importanza 3 tabelle:

- DPI: tabella in cui sono elencati tutti i dispositivi e le attrezzature di sicurezza necessarie in quell'area di lavoro;

DPI		
Codice	Descrizione	Note
DPI001	Calzature Di Sicurezza	
DPI002	Guanti Protettivi	

Tabella 1. Tabella DPI

- Tabella UAS: tabella in cui sono elencati tutti i materiali consumati nell'operazione in oggetto, con alcune informazioni di rilevanza ergonomica (peso del consumato, ingombro, presa e distanza da contenitore e forza di inserimento);

TABELLA UAS					
COMPONENTE	PESO (KG.)	FORZA INSER. (N)	Ingombro:SI SE 1 lato>80 Cm SE lato>30 Cm	Presa da contenitore (cm)	Distanza da contenitore (m)
BOCCOLA GRUPPO STERZO	0,1	1	NO	30	NA
TELAIO	5	NA	SI	NA	NA
GRUPPO STERZO	3	2	SI	30	NA
PERNO	0,1	1	NO	30	NA
RONDELLA D20	0,01	1	NO	30	NA
RONDELLA GRUPPO STER	0,01	1	NO	30	NA
DADO	0,05	1	NO	30	NA
RONDELLA BIANCA	0,01	1	NO	30	NA
BARRA GRUPPO STERZO	0,2	2	SI	30	NA
RONDELLA BIANCA	0,01	1	NO	30	NA

Tabella 2. Tabella UAS

- Tabella Attrezzature: tabella in cui sono elencati tutti gli strumenti e le attrezzature utilizzate in ciascuna operazione con annesse informazioni di ambito ergonomico (peso del tool, prelievo, deposito e distanza).

TABELLA ATTREZZATURE				
ATTREZZATURA	Peso (kg.)	Prelievo/deposito	Braccio (mm)	Coppia di chiusura (Nm)
LETTORE OTTICO		DA POSTAZIONE		
CHIAVE BRUCOLA 8MM		DA POSTAZIONE		

Tabella 3. Tabella Attrezzature

Completata l'operazione, si stila il Report, un file contenente tutte le informazioni della suddetta e standardizzato per tutte le realtà con cui si interfaccia FCA, dai fornitori fino ai diversi settori all'interno degli stabilimenti.

Le operazioni individuate sono 15, di cui le prime (Movimentazione carrello e bloccaggio carrello) si ripetono ogni qualvolta si passi da una postazione ad un'altra. La terza fase è stata la compilazione in ogni particolare di ciascuna operazione, individuando le fasi, i materiali consumati e le attrezzature utilizzate.

Anche lo studio delle fasi è stato effettuato seguendo la logica TiCon, ovvero suddividerle in azioni semplici e indivisibili.

Per capire l'indivisibilità di una fase, si ricorre all'utilizzo della tabellina identificativa dei tempi delle azioni elementari, ove ciascuna dipende dal tipo di movimento effettuato, dall'ingombro del materiale, dal suo peso e dalla sua quantità.

Ogni fase è costituita dal titolo, dalla sua descrizione e dal suo Find Number.

lunghezza del movimento cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80
settore di distanza		1	2	3

Prendere e Piazzare			Codice	1	2	3
				TMU		
≤ 1 kg	facile	circa	AA	20	35	50
		libero	AB	30	45	60
		stretto	AC	40	55	70
	difficile	circa	AD	20	45	60
		libero	AE	30	55	70
		stretto	AF	40	65	80
	manciata	circa	AG	40	65	80
> 1 kg a ≤ 8 kg		circa	AH	25	45	55
		libero	AJ	40	65	75
		stretto	AK	50	75	85
> 8 kg a ≤ 22 kg		circa	AL	80	105	115
		libero	AM	95	120	130
		stretto	AN	120	145	160

Piazzare		Codice	1	2	3
			TMU		
	circa	PA	10	20	25
	libero	PB	20	30	35
	stretto	PC	30	40	45

lunghezza del movimento cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80
settore di distanza		1	2	3

Maneggiare Mezzi Ausiliari		Codice	1	2	3
			TMU		
circa		HA	25	45	65
libero		HB	40	60	75
stretto		HC	50	70	85

Azionare		Codice	1	2	3
			TMU		
semplice		BA	10	25	40
composto		BB	30	45	60

Cicli di Movimento		Codice	1	2	3
			TMU		
singolo movimento		ZA	5	15	20
seguiti di movimenti		ZB	10	30	40
riprendere+1 movimento		ZC	30	45	55
Bloccare o sbloccare		ZD	20		

Movimenti del Corpo		Codice	TMU		
camminare/ m		KA	25		
piegarsi, abbassarsi, inginocchiarsi (incl. rialzarsi)		KB	60		
sedersi e rialzarsi		KC	110		

Controllo Visivo		VA <td colspan="3">15</td>	15		
------------------	--	----------------------------	----	--	--

Tabella 4. Tabella che associa a ogni microfase lavorativa un tempo e un codice identificativo

4.2.4 CREAZIONE DELLA WORKAREA

Il quarto step effettuato è stata la creazione della “Workarea”, ovvero dell’intera area in cui avviene l’assemblaggio del kart.

Sono state quindi create le sei postazioni di lavoro e l’area della logistica completa del magazzino.

BOM Line	Quantity	Item Description	Occurrence Type
FM01PAB93325/001-A001_GO KART-WCM ACADEMY		A001_GO KART-WCM ACADEMY	
FM05PAA00009/001-OP10	OP10		MEResource
FM05PAA00132/001-OP10	OP10		MEResource
FM05PAA00147/001-OP20	OP20		MEResource
FM05PAA00136/001-OP20	OP20		MEResource
FM05PAA00148/001-OP30	OP30		MEResource
FM05PAA00137/001-OP30	OP30		MEResource
FM05PAA00149/001-OP40	OP40		MEResource
FM05PAA00138/001-OP40	OP40		MEResource
FM05PAA00150/001-OP50	OP50		MEResource
FM05PAA00139/001-OP50	OP50		MEResource
FM05PAA00151/001-OP60	OP60		MEResource
FM05PAA00140/001-OP60	OP60		MEResource
FM05PAA00152/001-OP70	OP70		MEResource
FM05PAA00141/001-OP70	OP70		MEResource
FM05PAA00153/001-AREA LOGISTICA			MEResource
FM05PAA00155/001-AREA LOGISTICA			MEResource
FM05PAA00154/001-AREA MONTAGGIO			MEResource
FM05PAA00156/001-AREA MONTAGGIO			MEResource
FM05PAA00157/001-CARRELLO PRODOTTI FINITI			MEResource
FM05PAA00158/001-CARRELLO PRODOTTI FINITI			MEResource
FM05PAA00160/001-BUFFER CARRELLI			MEResource
FM05PAA00161/001-BUFFER CARRELLI			MEResource

Figura 33. Schermata della finestra “Workarea”

Sia per le postazioni che per il magazzino è stato creato il file 3D CAD utilizzando il software Siemens VisMockup, per una migliore ed efficace visualizzazione e gestione degli spazi.

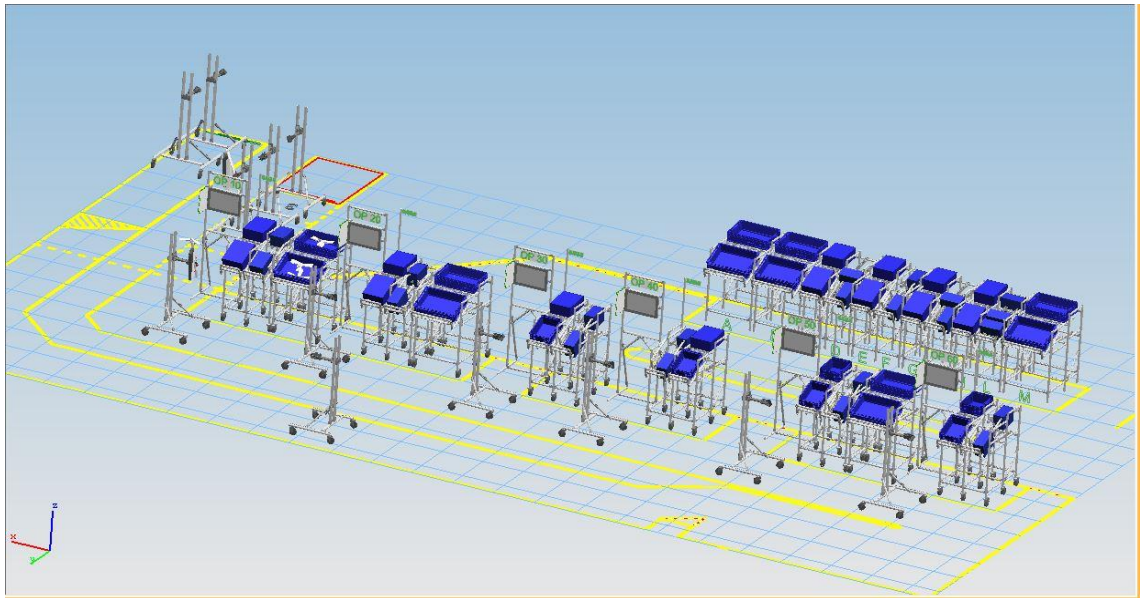
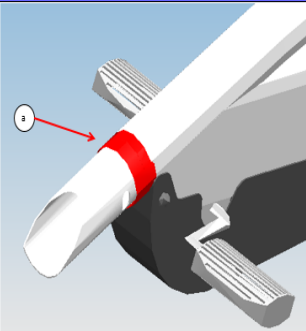


Figura 34. Layout 3D della WCM Assembly Line

4.2.5 CREAZIONE DEL CICLO BILANCIATO

Nella prima fase è stato descritto il processo delle operazioni senza conoscere nulla riguardo la distribuzione delle fasi, il numero delle postazioni e il loro collocamento. È stata inoltre creata la Workarea, ovvero quel perimetro che conterrà le postazioni, il magazzino, l'area logistica e l'area prodotti finiti.

Una volta che questa fase è stata completata, si stila il report e lo si manda al software TiCon, che eseguirà una tempificazione delle singole fasi, realizzando infine un bilanciamento delle postazioni di lavoro in termini di tempi ed ergonomia. Svolto il lavoro su TiCon, esso reinvierà il report a TeamCenter contenente tutte le informazioni necessarie per lo sviluppo del ciclo vero e proprio.

FASE 030				
				
Numero Fase		Descrizione		
030		Prelevare da odette su Sag n.1 boccia [RIF. a] in plastica e applicare su telaio posteriore		
ELENCO CONSUMI FASE 030				
Matricola	Descrizione	Fiat Part Number	Quantita'	Caratterizzazione
17	BOCCOLA GRUPPO STERZO	1	1	TUTTI I TIPI
01	TELAIO	0	1	TUTTI I TIPI

FASE 040				
Numero Fase		Descrizione		
040		Certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL		
ELENCO ATTREZZATURE FASE 040				
Numero di disegno	Codice	Descrizione	Quantità	Rif.

Figura 35. Report della OP10

Il ciclo realizzato seguendo i tempi forniti da TiCon è il seguente:

- OP 00: Movimentazione carrello
- OP 00: Bloccaggio carrello
- OP 10: Montaggio boccia del gruppo sterzo, gruppo sterzo e barra di sterzo;

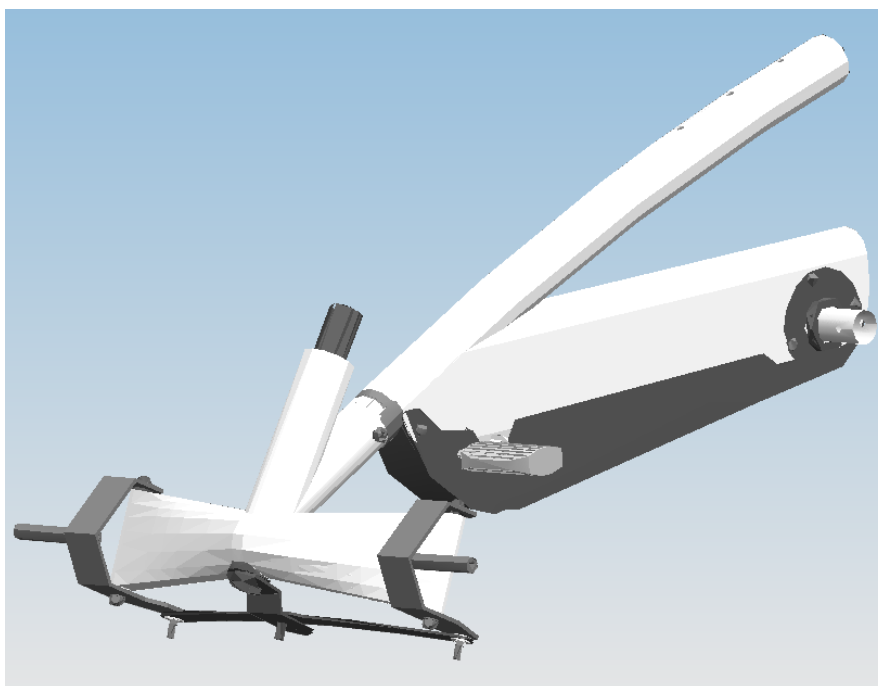


Figura 36. Layout 3D del montaggio effettuato nella OP10

- OP 20: Montaggio finale barra di sterzo, cover frontale e fascetta metallica
- OP 30: Montaggio gruppo del volante
- OP 40: Montaggio ruote anteriori
- OP 50: Montaggio gruppo ruote posteriori
- OP 60: Montaggio sedile, logo nel volante e fregi nelle ruote
- OP 70: Controllo qualità

BOM Line	Item Description	Rev Description	Find No.	
FM05PAA00162/001-A001_GO KART-WCM A...	A001_GO KART-WCM ACADEMY-BILANCIATO	A001_GO KART-WCM ACADEMY-BILANCIATO		A001
FM05PAA00166/001-M00_A001	OP. 00 - BLOCCAGGIO CARRELLO	BLOCCAGGIO CARRELLO	00	M00
FM05PAA00173/001-M00_A001	OP. 00 - MOVIMENTAZIONE CARRELLO	MOVIMENTAZIONE CARRELLO	00	M00
FM05PAA00180/001-M10_A001	OP. 10 - BOCCOLA - GR. STERZO - BARRA DI STERZO	OP. 10 - BOCCOLA - GR. STERZO - BARRA DI STERZO	10	M10
FM05PAA00199/001-M20_A001	OP. 20 - BARRA STERZO - COVER FRONTALE - FASCETTA METALLICA	MONTAGGIO BARRA STERZO - COVER FRONTALE - FASCETT...	20	M20
FM05PAA00210/001-M30_A001	OP. 30 - GRUPPO DEL VOLANTE	MONTAGGIO GRUPPO DEL VOLANTE	30	M30
FM05PAA00215/001-M40_A001	OP. 40 - RUOTE ANTERIORI	MONTAGGIO RUOTE ANTERIORI	40	M40
FM05PAA00233/001-M50_A001	OP. 50 - GRUPPO RUOTE POSTERIORI	MONTAGGIO GRUPPO RUOTE POSTERIORI	50	M50
FM05PAA00241/001-M60_A001	OP. 60 - SEDILE - LOGO - FREGI RUOTE	MONTAGGIO SEDILE - LOGO - FREGI RUOTE	60	M60
FM05PAA00251/001-M70_A001	OP. 70 - CONTROLLO QUALITA'	CONTROLLO QUALITA'	70	M70

Figura 37. Ciclo seguendo i tempi dettati da TiCon

5 IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE TICON

5.1 IL SOFTWARE TICON

L'utilizzo di questo software è indicato per coordinare ogni aspetto legato a lavoro, produttività ed ergonomia.

Esso è un programma per la gestione degli Engineered Labour Standards (ELS), certificata dall'International MTM Directorate ed è lo strumento utilizzato in grandi aziende internazionali, quali ad esempio il gruppo FCA, Iveco, Magneti Marelli e Whirlpool.

I primi stabilimenti ad utilizzare TiCon sono stati Mirafiori e Cassino, seguiti dallo stabilimento della Polonia e da quelli in Turchia e in India. A fine 2010 TiCon viene adottato anche da parte di Chrysler.

Con un solo software è possibile ottimizzare il rapporto uomo/macchina, progettare cicli di lavoro, stilare analisi ergonomiche e applicare il bilanciamento delle linee produttive.

TiCon lavora all'interno dell'ambiente CITRIX, un ambiente che permette di trasformare programmi e file utilizzati in un singolo pc o in modalità mono-utenza, in servizi web, usufruibili da chiunque ne sia autorizzato all'accesso.

I vantaggi principali derivanti dall'utilizzo di TiCon sono i seguenti:

- Maggior praticità nella tempificazione delle operazioni;
- Uniformità del sistema in tutti gli stabilimenti;
- Recepimento delle nuove normative in tema di lavoro e sicurezza;
- Bilanciamento ottimale delle linee di produzione;
- Gestione integrata dell'Ergo-Bilanciamento, ovvero della valutazione di rischio ergonomico in relazione ai tempi di lavoro;
- Interfaccia standardizzata per consentire il colloquio con i sistemi TCM (gestione del metodo, ad esempio TeamCenter)

TiCon, nel gruppo FCA, è utilizzato per la tempificazione delle operazioni di lavoro al fine della continuità di funzionamento, della loro caratterizzazione ergonomica e del bilanciamento delle linee considerando le maggiorazioni dovute al carico di lavoro ed al rischio ergonomico associato.

TiCon racchiude i valori di:

- NVAA: attività che non forniscono valore aggiunto al prodotto finale
- DISSATURAZIONE: tempo che l'addetto linea attende prima di compiere nuovamente l'operazione (disposizione effettiva – min. di tempo standard)
- ERGONOMIA: disciplina che si occupa dell'interazione uomo/macchina, occupandosi di suggerire e progettare approcci ottimali in termini fisiologici, psicologici, cognitivi, relazionali, tecnici ed organizzativi nel rapporto tra uomo e ambiente circostante.

È opportuna la distinzione tra attività a valore aggiunto (VAA) e attività a NON valore aggiunto (NVAA):

- VAA: possono essere attività di:
 - Trasformazione: quando aggregano valore al prodotto finale;
 - Qualità: necessarie a garantire elevati standard qualitativi al prodotto finale;



Figura 38. Esempi di attività a valore aggiunto

- NVAA: possono essere attività:
 - Complementari: necessarie ma che non forniscono valore aggiunto al prodotto finale;
 - Spostamenti: movimenti necessari a compiere le attività previste dal ciclo;
 - Passività

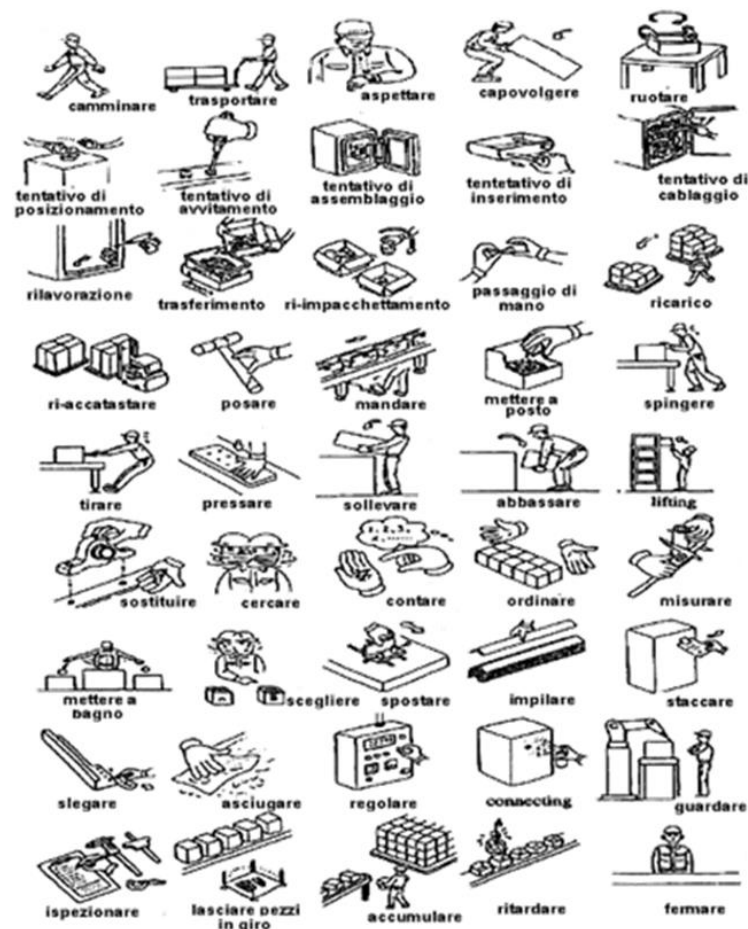


Figura 39. Esempi di attività a non valore aggiunto

- SVA: tempi di attività necessari che non portano Valore Aggiunto al prodotto.



Figura 40. Esempi di attività a semi valore aggiunto

L'applicazione di tale classificazione, su cui si fondano le teorie e i metodi WCM soprattutto in ambito di Logistica e Workplace Organization, è legata a regole di codifica convenzionali contenute nel sistema di gestione dei tempi di lavoro TiCon. Dopo il bilanciamento della linea, si effettua con TiCon un'analisi dell'ergonomia di ogni postazione di lavoro, analizzando e mettendo in evidenza i fattori critici:

- Eccessivo carico statico biomeccanico
- Azioni compiute con alta frequenza
- Eccessiva applicazione di forze
- Atteggiamenti posturali non corretti

5.2 ATTIVITA' SVOLTE CON TICON SULLA WCM ASSEMBLY LINE

Le attività prevalentemente svolte attraverso l'utilizzo del software TiCon sulla WCM Assembly Line sono le seguenti:

1. Work Analysis del ciclo delle operazioni inviato da TeamCenter;
2. Creazione fasi del ciclo;
3. Creazione elementi DEA;
4. Creazione SEA con immissione input di partenza;
5. Composizione e bilanciamento della linea;
6. Scenari effettuati.

5.2.1 WORK ANALYSIS DEL CICLO DELLE OPERAZIONI INVIATO DA TEAMCENTER

Il primo step consiste nella ricezione e in una successiva Work Analysis del ciclo delle operazioni prodotto e sviluppato su TeamCenter.

BOM Line	Item Name	Item Description	Find No.	Rev Name	OP. NUMBER
FM01PAB93325/001-A001 GO KART-WCM ACADEMY	A001 GO KART-WCM ACADEMY	A001 GO KART-WCM ACADEMY		A001 GO KART-WCM ACADEMY	
FM05PAA00143/001-M00_A001	M00_A001	BLOCCAGGIO CARRELLO	00	M00_A001	M00
FM05PAA00144/001-040		Bloccare carrello mediante attivazione freni	010		
FM05PAA00145/001-020		Bloccare carrello mediante attivazione freni	020		
FM05PAA00146/001-030		Bloccare carrello mediante attivazione freni	030		
FM05PAA00144/001-040		Bloccare carrello mediante attivazione freni	040		
FM05PAA00144/001-040		Bloccare carrello mediante attivazione freni	050		
FM05PAA00144/001-040		Bloccare carrello mediante attivazione freni	060		
FM01PAB93338/001-M00_A001	M00_A001	MOVIMENTAZIONE CARRELLO	000	M00_A001	M00
FM01PAB93340/001-010		Disporre carrello in OP10	010		
FM01PAB93342/001-020		Disporre carrello in OP20	020		
FM05PAA00051/001-030		Disporre carrello in OP30	030		
FM05PAA00052/001-040		Disporre carrello in OP40	040		
FM05PAA00053/001-050		Disporre carrello in OP50	050		
FM05PAA00054/001-060		Disporre carrello in OP60	060		
FM01PAB93344/001-M10_A001	M10_A001	MONTAGGIO BOCCOLA GRUPPO STERZO	010	M10_A001	M10
FM01PAB93345/001-010		Prelevare da odette su Sag n.1 boccia in plastica e applicare su telaio posteriore	010		
FM01PAB93348/001-020		Certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL	020		
FM01PAB93349/001-M10_A001	M10_A001	MONTAGGIO MANUALE GRUPPO STERZANTE	010	M10_A001	M10
FM01PAB93350/001-010		Prelevare da odette su Sag n.1 gruppo sterzante e applicare su telaio posteriore	010		
FM01PAB93351/001-020		Prelevare lettore ottico da supporto ed effettuare lettura traceability posta su gruppo sterzante, verificare esito positivo etichetta su NPL	020		
FM01PAB93355/001-030		Prelevare da odette su Sag n.1 perno M6 e n.1 rondella D20 e applicare su foro telaio anteriore	030		
FM01PAB93357/001-040		Prelevare da odette su Sag n.1 rondella e inserire su perno; certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL	040		
FM01PAB93358/001-050		Prelevare da odette su Sag n.1 dado e imboccare su perno	050		
FM01PAB93359/001-060		Prelevare da sag a lato linea n.1 chiave a brucola da 8 mm ed una chiave fissa da 10 mm e serrare dado per vincolare il perno	060		
FM05PAA00027/001-M10_A001	M10_A001	MONTAGGIO BARRA DI STERZO	010	M10_A001	M10
FM05PAA00041/001-010		Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche e inserire su perni saldati	010		
FM05PAA00042/001-020		Prelevare da odette su Sag n.1 barra di sterzo e assemblare inserendo asole su perni saldati	020		
FM05PAA00043/001-030		Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche e inserire su perni saldati al di sopra delle estremità della barra di sterzo precedentemente inserita	030		
FM05PAA00044/001-040		Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle nere e inserire su perni saldati	040		
FM05PAA00045/001-050		Prelevare da odette su Sag n.2 dadi e inserire su perni imbastando manualmente	050		
FM05PAA00046/001-060		Prelevare da sag a lato linea n.1 chiave a brucola da 8 mm ed una chiave fissa da 10 mm	060		
FM05PAA00047/001-070		Serrare dado lato sx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno	070		
FM05PAA00048/001-080		Serrare dado lato dx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno	080		
FM05PAA00055/001-M20_A001	M20_A001	MONTAGGIO COVER FRONTALE	020	M20_A001	M20
FM05PAA00056/001-010		Ruotare bilancella di 180° in modo da disporre gruppo sterzante verso il basso	010		
FM05PAA00057/001-020		Prelevare da odette su Sag n.1 cover frontale e applicare su telaio inserendo foro su montante	020		
FM05PAA00058/001-030		Prelevare lettore ottico da supporto e ed effettuare lettura etichetta traceability posta su gruppo sterzante, verificare esito positivo su NPL	030		
FM05PAA00066/001-M20_A001	M20_A001	MONTAGGIO ALBERO DEL VOLANTE	020	M20_A001	M20
FM05PAA00067/001-010		Prelevare da odette su Sag n.1 un tappo protezione gruppo sterzante e applicare su foro cover	010		
FM05PAA00068/001-020		Prelevare da odette su Sag n.1 fascetta metallica e applicare su foro cover dopo aver applicato tappo protezione	020		
FM05PAA00070/001-030		Ruotare fascetta metallica e verificare che le due estremità siano allineate con montante centrale del telaio; certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL	030		
FM05PAA00071/001-040		Prelevare n.1 albero volante e n.1 copertura fascetta e inserire albero prima nel foro e poi nella copertura. Inserire asola in copertura, certificare esito	040		
FM05PAA00072/001-050		Prelevare da sag n.1 chiave 13 mm e serrare fascetta metallica	050		
FM05PAA00069/001-060		Inserire copertura fascetta su fascetta metallica; assicurarsi che l'applicazione sia effettuata fino a battuta. Certificare l'esito positivo dell'operazione su NPL	060		
FM05PAA00075/001-M30_A001	M30_A001	MONTAGGIO VOLANTE	030	M30_A001	M30
FM05PAA00077/001-010		Prelevare da odette n.1 volante. Applicare volante su canotto di sterzo allineandone la cavità inferiore con l'estremità superiore triangolare del canotto	010		
FM05PAA00078/001-020		Prelevare da odette su Sag n.1 rondella e n.1 perno. Inserire perno su in apposito foro su volante interponendovi la rondella	020		
FM05PAA00079/001-030		Imbastire manualmente il perno su volante. Prelevare da odette su Sag n.1 chiave a cricchetto da 13 mm e serrare perno su volante.	030		
FM05PAA00080/001-040		Prelevare lettore ottico da supporto e ed effettuare lettura etichetta traceability, verificare esito positivo su NPL	040		
FM05PAA00083/001-M40_A001	M40_A001	MONTAGGIO RUOTE ANTERIORI	040	M40_A001	M40
FM05PAA00082/001-010		Prelevare n°1 ruota e n°2 tappo riduzione anteriore ed assemblaggio su ruota. Prelevare n°1 distanziale ed inserimento distanziale e ruota con ghiera a fiore rivolta verso l'interno del del gruppo sterzante. Certificare esito positivo su NPL	010		

Figura 41. Ciclo proveniente da TeamCenter

La Work Analysis effettua delle modifiche al ciclo e alle operazioni stesse, tenendo in considerazione accorgimenti che a volte i progettisti di TeamCenter non colgono, quali ad esempio l'utilizzo di entrambe le mani da parte dell'operatore (e quindi la possibilità di svolgere più microfasi insieme).

37	FM05PAA00027/001-M10_A001	M10_A001	DEA00027WCM	010	MONTAGGIO BARRA DI STERZO	M10
38	FM05PAA00041/001-010	010	F00027WCM	010	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche e inserire su perni saldati	
40	FM05PAA00042/001-020	020	F00027WCM	020	Prelevare da odette su Sag n.1 barra di sterzo e assemblare inserendo asole su perni saldati	
42	FM05PAA00043/001-030	030	F00027WCM	030	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle bianche e inserire su perni saldati al di sopra delle estremità della barra di sterzo precedentemente inserita	
44	FM05PAA00044/001-040	040	F00027WCM	040	Prelevare da odette su Sag n.2 rondelle nere e inserire su perni saldati	
46	FM05PAA00045/001-050	050	F00027WCM	050	Prelevare da odette su Sag n.2 dadi e inserire su perni imbastendo a fondo manualmente	
48	FM05PAA00046/001-060	060	F00027WCM	060	Prelevare da sag a lato linea n.1 chiave a brucola da 8 mm ed una chiave fissa da 10 mm	
51	FM05PAA00047/001-070	070			Serrare dado lato sx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno	
52	FM05PAA00048/001-080	080			Serrare dado lato dx con chiave a brucola utilizzando chiave fissa per vincolare il perno	

Figura 42. Modifiche effettuate durante la Work Analysis

Nell'immagine sopra, vi è un esempio di una correzione effettuata (in rosso): le tre fasi inizialmente ideate separatamente, sono state raggruppate in un'unica fase in quanto l'operatore può effettuarle utilizzando entrambe le mani.

5.2.2 CREAZIONE FASI DEL CICLO

Sono state create le fasi, opportunamente corrette, all'interno del software TiCon.

Gli step per la creazione di una fase sono i seguenti:

1. Compilazione della finestra di Intestazione, ove inserire il codice della fase, eventuale variante del modello, la denominazione e la sua descrizione;

Figura 43. Finestra di Intestazione nella Creazione della Fase

2. Compilazione della finestra Struttura, ove si inseriscono le denominazioni delle fasi, i codici di appartenenza, e se esse siano VAA, NVAA o SVA;

F1 MTM Analisi - Fase Consuntiva - F00081WCM (060) [001] - Prelevare chiave brucola da 6mm. Serrare perno con chiave a brucola 6mm (*)														
Intestazione Struttura Albero Calcolo del tempo Esplosione tempi ad albero Dettaglio VAA/NVAA VAA/NVAA-12 VA/SVA/NVA Variabile Criteri Oggetti consumati Referenza Documenti Mezzi di lavoro Schema Validità Dichiarazione ergo Diario														
Nr.	Denominazione	Codice	P	VAA/NVAA	Q x F	tg	tg totale	VAA/NVAA_12	VA/SVA/NVA	trg	trg totale	totale	Indice	Variante
1	Prelevare chiave brucola da 6mm.e posizionare su perno dx	3C2		[NVA - C]	1 * 1,0	0,042	0,042	[VAA - T]	[NVA - C]	0,000	0,000	0,042		
2	seg. mov.	ZB1		[NVA - T]	4 * 1,0	0,006	0,024	[VAA - T]		0,000	0,000	0,024		
3	Serrare perno con chiave a brucola 6mm	ZD		[NVA - T]	1 * 1,0	0,012	0,012	[VAA - T]		0,000	0,000	0,012		
4	Posizionare chiave brucola su perno sx	PC2		[NVA - C]	1 * 1,0	0,024	0,024	[VAA - T]	[NVA - C]	0,000	0,000	0,024		
5	seg. mov.	ZB1		[NVA - T]	4 * 1,0	0,006	0,024	[VAA - T]		0,000	0,000	0,024		
6	Serrare perno con chiave a brucola 6mm	ZD		[NVA - T]	1 * 1,0	0,012	0,012	[VAA - T]		0,000	0,000	0,012		
						0,138				0,000	0,000	0,138		

Figura 44. Finestra di Struttura nella Creazione della Fase

- Ergocaratterizzazione della fase, in cui vengono immessi dati riguardanti le altezze di lavoro, dati inerenti a pesi e misure di materiali utilizzati e visualizzati tutti i movimenti svolti dall'operatore durante la fase;

Geometria inizio [3000HC2....5 - START] in modifica
✓ Geometria valida.

Altezza operazione, posizione gambe

Altezza di lavoro: 1078 mm

☐ appoggio sostegno a disposizione
☐ Definire l'altezza di lavoro in modo relativo

Punti extra - Postura corpo
Punti base: 0

Posizione di azione dall'alto

Distanza: 736 mm
Direzione: 0 °

Punti extra - Attrezzo
Punti base: 0

Mano

Mano attiva: mano destra
Tipo di Presa: Pugno chiuso
☐ Calcola in automatico le posizioni della mano

Altre impostazioni
Range visibilità: vicino
Esaminare area d'azione?: no
Direzione di accesso da:
☐ valutare come ciclo
☐ Aggregare con geometria precedente

Valori iniziali
Percorso per elemento: 0,0 m
Quantità azioni reali: 2
Porzione sotto carico: 100%

Maneggiare carichi
Tipo di carico: Riconoscimento automatico
Mezzo di trasporto: <nessun mezzo di trasporto>
Somma: 0,00 kg
☐ instabile ☐ due operatori

Condizioni di esecuzione: molto bene bene limitato difficile complicato molto complicato

Forze

Forza mano-dito
Somma: 0 N

Forza braccio-spalla
Somma: 0 N Direzione forza: A+

Forza tutto corpo
Somma: 0 N Direzione forza: A+

Figura 45. Finestra dell'ergocaratterizzazione di una fase

- Controllo finestra VA/SVA/NVA, in cui un radar raffigura le percentuali di valore aggiunto, non valore aggiunto e semi valore aggiunto racchiusi in quella fase.

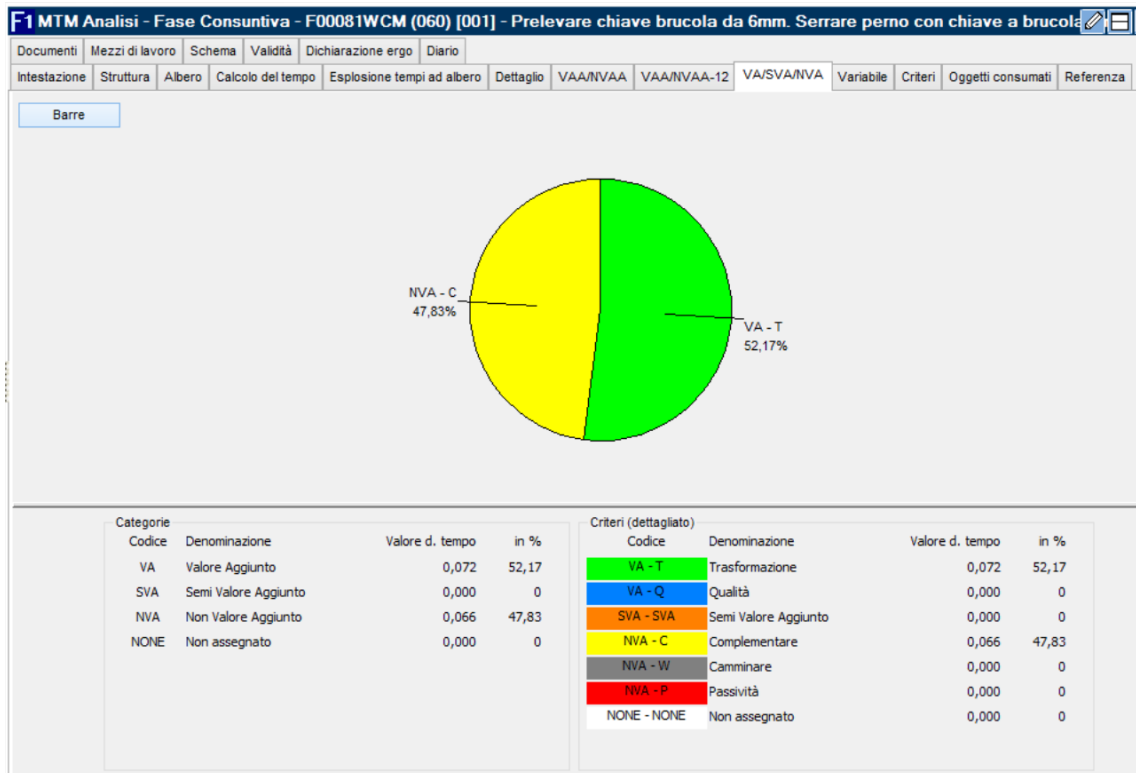


Figura 46. Finestra della VA/NVA/SVA

5.2.3 CREAZIONE ELEMENTI DEA

In questa fase vengono creati gli elementi DEA, ovvero di quei “torrini” contenenti più fasi di ciclo e che costituiscono un gruppo a sé stante.

Elemento Lista Modifica Visualizzazione Extra Maintenance Aiuto

Modaltà di ricerca: Ricerca semplice - normale

Area dati: Laboratorio E&T (LABO_MEC)

Classe: Fase Consuntiva [F1]

Codice: 481WCM

Indice: Variante:

Denominaz:

Ricerca

Risultato 10 Serie di dati trovate

Nr	Denominazione	Codice	Indice	P	Q x F	Ig	Ig totale
1	Prelevo n°1 distanziale ed inserimento distanziale e nel perno gruppo sterzante. F00081WCM	005			1*1,0	0,033	0,033
2	Prelevo n°1 ruota e n°1-1 tappo riduzione anteriore ed assemblare su ruota, ins F00081WCM	010			1*1,0	0,102	0,102
3	Certificare finito positivo dell'operazione su NPL F00081WCM	015			1*1,0	0,015	0,015
4	Prelevo n°1 distanziale ed inserimento distanziale e nel perno gruppo sterzante. F00081WCM	020			1*1,0	0,033	0,033
5	Prelevo n°1 ruota e n°1-1 tappo riduzione anteriore ed assemblare su ruota, ins F00081WCM	025			1*1,0	0,102	0,102
6	Certificare finito positivo dell'operazione su NPL F00081WCM	025			1*1,0	0,015	0,015
7	Prelevo n°1 rondella e n°1 perno da odette su SAG ed applicare su asse anteriore F00081WCM	030			1*1,0	0,087	0,087
8	Prelevo n°1 rondella e n°1 perno da odette su SAG ed applicare su asse anteriore F00081WCM	050			1*1,0	0,087	0,087
9	Prelevare chiave brucola da 6mm. Serrare perno con chiave a brucola 6mm F00081WCM	060			1*1,0	0,138	0,138
							0,612

Elenco	Albero	Codice	Indice	Denominazione	Ig
		F00081WCM	010	Prelevo n°1 ruota e n°1-1 tappo riduzione anteriore ed assemblare su ruota, ins F00081WCM	0,102
		F00081WCM	015	Certificare finito positivo dell'operazione su NPL	0,015
		F00081WCM	020	Prelevo n°1 distanziale ed inserimento distanziale e nel perno gruppo sterzante. F00081WCM	0,033
		F00081WCM	025	Prelevo n°1 ruota e n°1-1 tappo riduzione anteriore ed assemblare su ruota, ins F00081WCM	0,102
		F00081WCM	025	Certificare finito positivo dell'operazione su NPL	0,015
		F00081WCM	030	Prelevo n°1 rondella e n°1 perno da odette su SAG ed applicare su asse anteriore F00081WCM	0,087
		F00081WCM	040	Prelevare chiave brucola da 6mm. Serrare perno con chiave a brucola 6mm F00081WCM	0,078
		F00081WCM	050	Prelevo n°1 rondella e n°1 perno da odette su SAG ed applicare su asse anteriore F00081WCM	0,087
		F00081WCM	060	Prelevare chiave brucola da 6mm. Serrare perno con chiave a brucola 6mm F00081WCM	0,138
		F00081WCM	005	Prelevo n°1 distanziale ed inserimento distanziale e nel perno gruppo sterzante. F00081WCM	0,033

Figura 47. Finestra della creazione di un elemento DEA

Tali elementi sono quelli che poi verranno spostati da una postazione all'altra durante il bilanciamento della linea.

5.2.4 CREAZIONE SEA CON IMMISSIONE INPUT DI PARTENZA

In questa fase vengono immessi tutti gli input del ciclo da cui partire per la successiva ottimizzazione della linea.

Tra i dati immessi vi sono:

- Codice e denominazione del ciclo;
- Tempo di lavoro lordo (al giorno): 480 minuti (equivalenti a 8 ore);
- Tempo di lavoro netto: 430 minuti (si escludono dal tempo di lavoro lordo la pausa pranzo e i break di metà mattinata e metà pomeriggio);
- Campi riguardanti l'ergocaratterizzazione (sesso, peso medio, organizzazione e posto di lavoro);
- Produzione impostata di partenza con relativo Takt-time

Bilanciamento - Bilanciamenti Meccaniche - SEA00.U00PA.0268.0718.00 - bilanciamento linea kart 6 postazioni originale (*)

Intestazione: Piano di produzione | Assegnazione | Valutazione | VAA/NVAA-12 | VA/SVA/NVA | VAA/NVAA | Criteri | Referenza | Diario

Codice: SEA00.U00PA.0268.0718.00

Denominaz.: bilanciamento linea kart 6 postazioni originale

Modalità: Esecuzione [E] Stato: Rilasciato per Verificatore [3]

Mod. di inserim.: Totale pezzi/Tempo di lavoro (netto)

Tempo di lavoro (lordo): 480,000 MIN

Tempo di pausa: 50,000 MIN

Tempo di lavoro (netto): 430,000 MIN

Quantità pause: 3

Gr. antrop.: Manichino FCA 50th M [DIN-EN] Percentile: 50.

Sesso: maschile Percentile di for: P15

Organizz. del lavoro: Ritmo > 1 Min e ≤ 10 Min o pause consentite entro limiti definiti

Posto di lavoro: possibile percorso libero al posto di lavoro

Numero pezzi totale: 240

Takt time: 1,792 MIN

MTMergeronics attivo: ☐

Figura 48. Finestra di immissione input di partenza

5.2.5 COMPOSIZIONE E BILANCIAMENTO DELLA LINEA

In questa fase vengono create le 6 postazioni di lavoro che rispecchiano il layout della linea e su di esse vengono impilate le DEA così come sono state progettate inizialmente con TeamCenter.

Questo metodo dei “torrini” fornisce una immediata visualizzazione riguardo il bilanciamento della linea, potendo agire in tempi brevi sulla ridefinizione della stessa.

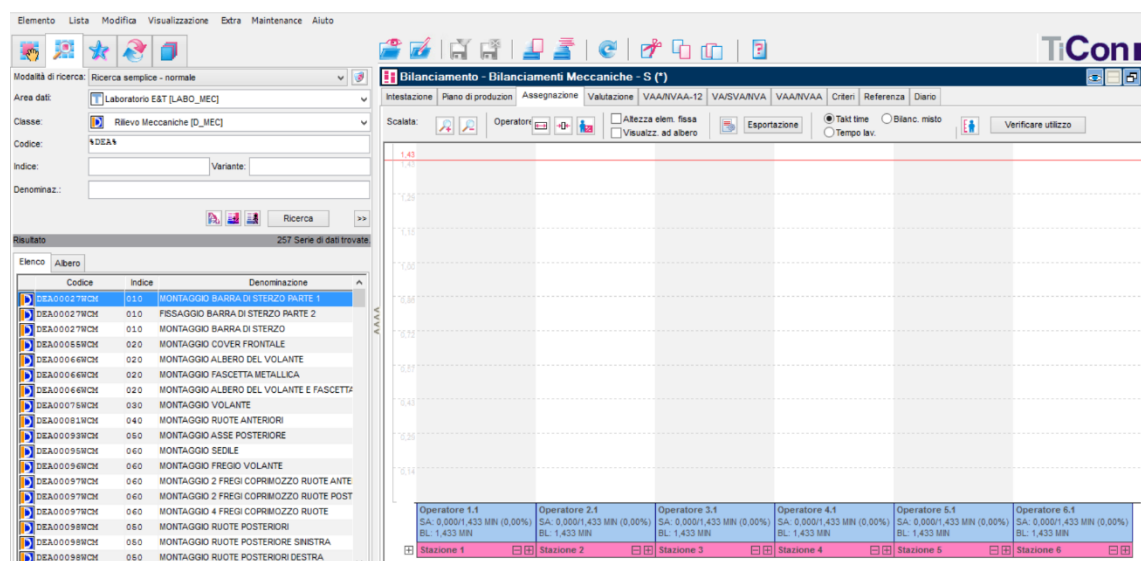


Figura 49. Fase in cui vengono trascinati (da sinistra verso destra) i torrini nella finestra principale

5.2.6 SCENARI

5.2.6.1 SCENARIO DI PARTENZA SENZA INSERIMENTO CRITERI ERGONOMICI

Il primo scenario effettuato è stato quello fornitoci da ciclo e layout già esistente in WCM Academy.

Si noti un totale sbilanciamento della linea, con postazioni dissature e inoperative (in primis la postazione 3).

Con questa disposizione si otterrebbe, in un turno di lavoro, la produzione di 323 kart.

Questo scenario non tiene conto dei criteri ergonomici e quindi non a norma e non concretizzabile.

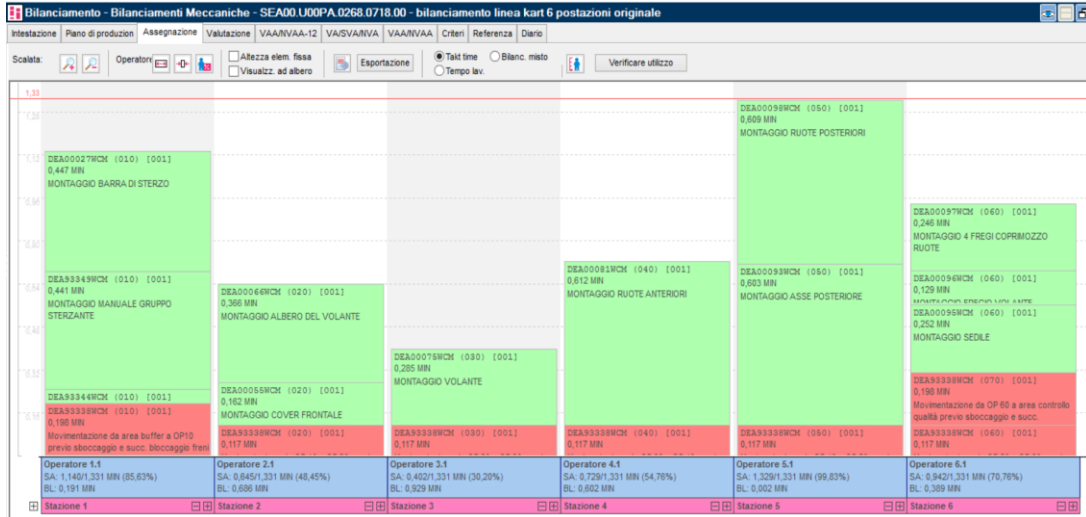


Figura 50. Scenario di partenza senza inserimento criteri ergonomici

5.2.6.2 SCENARIO DI PARTENZA CON INSERIMENTO CRITERI ERGONOMICI

Il secondo scenario effettuato prevede la sola aggiunta dei criteri ergonomici allo scenario 1.

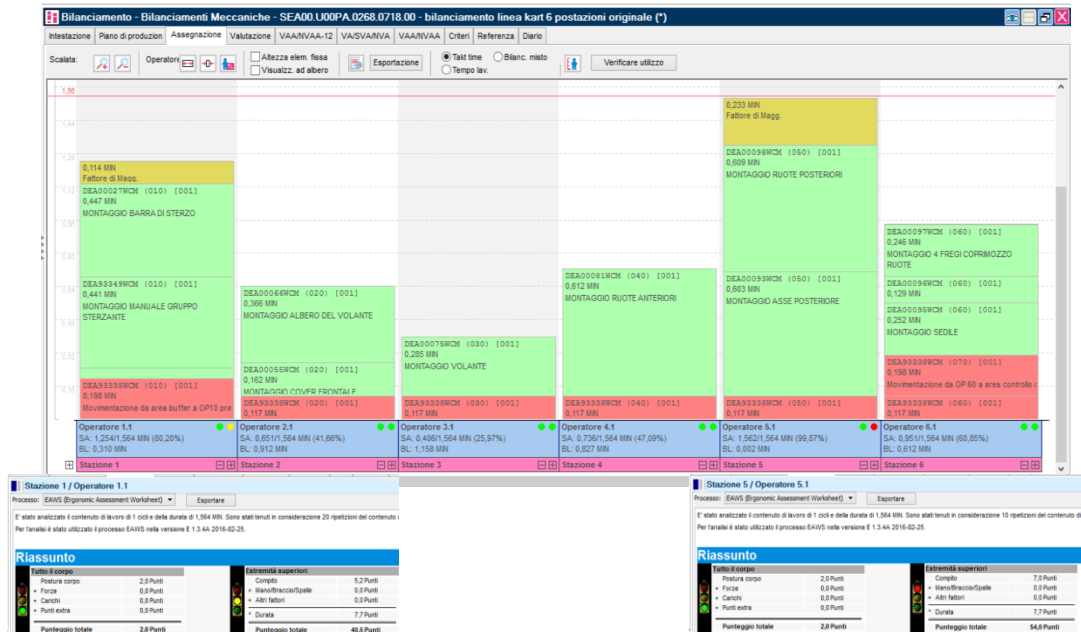


Figura 51. Scenario di partenza con inserimento criteri ergonomici

Tale inserimento produce dei tempi supplementari di maggiorazione legati al fattore ergonomico (torrini gialli). Essi sono indispensabili per la salvaguardia e la tutela delle condizioni degli operatori.

Questo scenario permetterebbe di ottenere, in un turno di lavoro, la produzione di 275 kart.

Anche questo scenario però non è a norma, in quanto vi sono delle postazioni non ergonomicamente corrette: esse vengono immediatamente messe in risalto dalla presenza di semafori rossi.

La linea così com'è già esistente in WCM Academy non è quindi ergonomicamente a norma e risulta fortemente sbilanciata.

5.2.6.3 SCENARIO DI PARTENZA CON CRITERI ERGONOMICI ACCETTABILI

In questo scenario è stato semplicemente svolto un lavoro che abbia come obiettivo la totale e corretta ergonomia di tutte le postazioni di lavoro, andando a ridurre il numero di pezzi prodotto al giorno, con conseguente riduzione del numero di attività svolte da ciascun operatore.

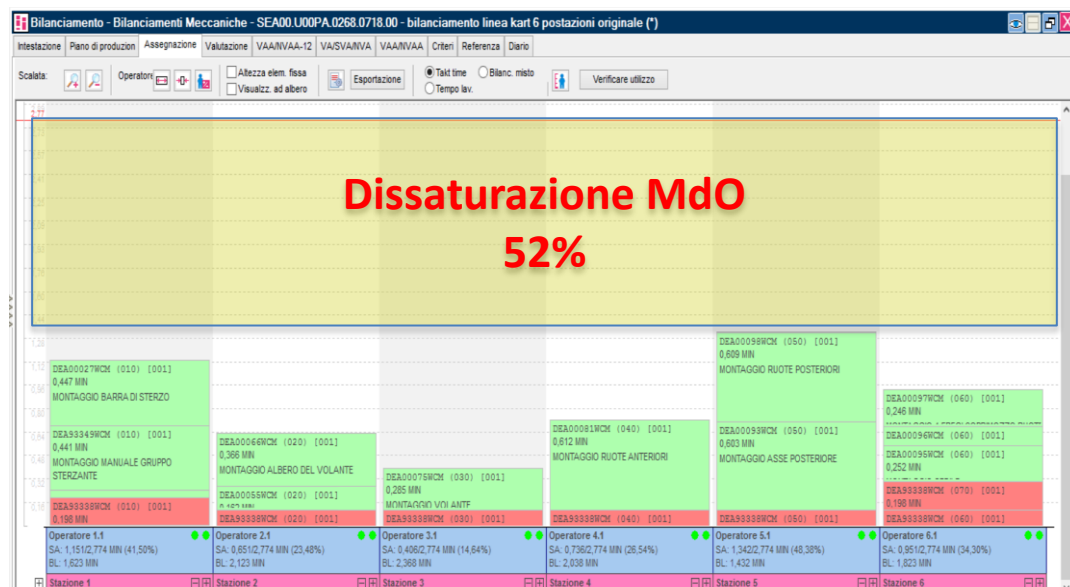


Figura 52. Scenario di partenza con criteri ergonomici accettabili

Al fine di arrivare ad una corretta ergonomia (tutti i semafori sono verdi), si ottiene una consistente perdita produttiva ed una forte dissaturazione che supera il 50% del turno totale di lavoro.

Si ottiene, in questo scenario, una produzione di 155 kart.

Tale scenario, pur essendo ergonomicamente corretto, risulta inaccettabile dal punto di vista produttivo e di saturazione MdO.

5.2.6.4 SCENARIO DOPO PRIMO BILANCIAMENTO DELLA LINEA

In questo scenario si è svolto un primo lavoro di bilanciamento della linea, andando a spostare i torrini (le DEA) da una postazione all'altra e cercando di allinearli tra loro, il tutto rispettando i vincoli e i criteri ergonomici.

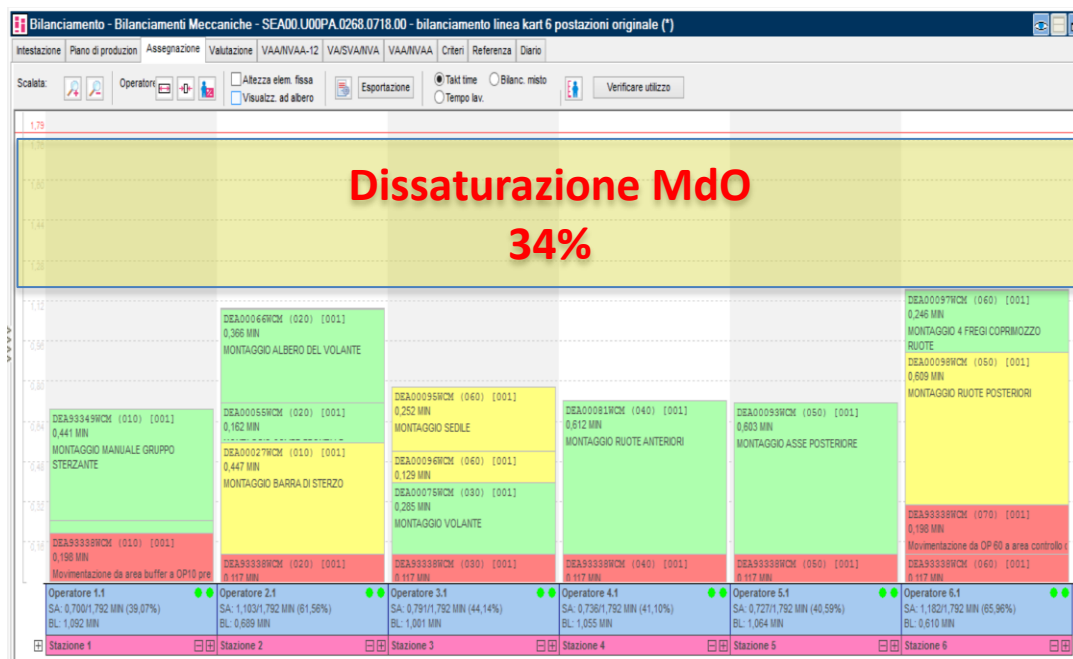


Figura 53. Scenario dopo primo bilanciamento della linea. L'area gialla indica il tempo interposto tra il tempo di takt-time e la postazione più lenta

Si ottiene una minore dissaturazione rispetto allo scenario precedente (pari al 34% del turno di lavoro) e un conseguente aumento della produttività.

Le DEA spostate sono evidenziate dai torrini color giallo nell'immagine soprastante.

Si arriva, in questo scenario, a produrre, in un turno di lavoro, 240 kart.

5.2.6.5 SCENARIO DOPO SECONDO BILANCIAMENTO DELLA LINEA SCOMPONENDO ALCUNE DEA

In questo scenario sono state scomposte alcune DEA, ove ciclo e layout della linea lo consentano, al fine di distribuire ancora meglio le attività tra le diverse postazioni, in linea con i criteri ergonomici.

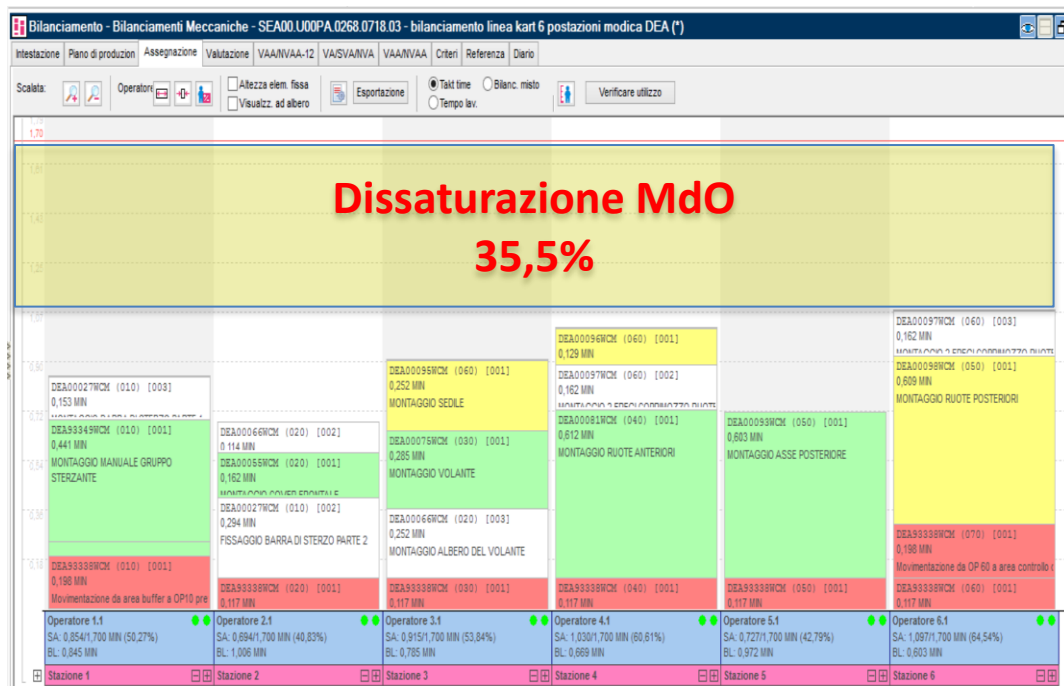


Figura 54. Scenario dopo aver spaccettato alcuni elementi DEA (torrini bianchi)

Si arriva ad un piccolo aumento della produttività giornaliera, mantenendo più o meno invariata la percentuale di dissaturazione MdO (35,5%).

I torrini bianchi rappresentano le DEA frazionate e successivamente movimentate in altre postazioni.

La produzione, in questo scenario, prevede la realizzazione di 253 kart in un turno di lavoro.

5.2.6.6 SCENARIO IN CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE E JOB ROTATION

In questo scenario si è sfruttata una modalità di lavoro denominata “Job Rotation”, che consiste nel far ruotare gli addetti durante il turno di lavoro sulle diverse postazioni per soddisfare i vincoli ergonomici aumentando la produttività.

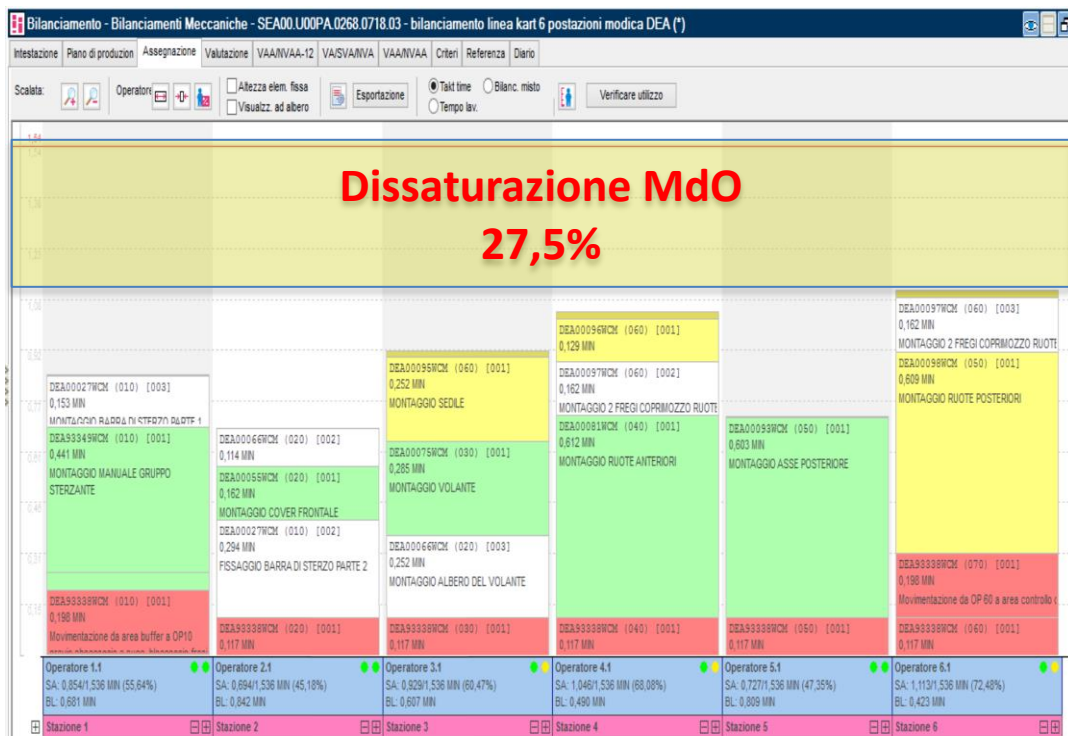


Figura 55. Scenario ottenuto accettando livelli ergonomici quasi sufficienti. Tale scenario è accettabile solo se si applica una Job Rotation

Con questa modalità, aumenta la produttività giornaliera della linea e diminuisce la dissaturazione totale MdO (pari adesso al 27,5%).

Si noti dall'immagine soprastante che alcuni semafori a valle delle postazioni sono di colore giallo, il che risulta comunque ergonomicamente accettabile grazie alla rotazione degli operatori.

In questo scenario la produzione, in un turno di lavoro, arriva a 280 kart, divenendo lo scenario migliore tra quelli analizzati.

5.2.7 RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI

Gli scenari analizzati sono i seguenti:



Figura 56. Riepilogo scenari

Il ribilanciamento dei tempi nella linea permette di migliorare la produzione e l'efficienza dell'impianto riducendo la dissaturazione degli operatori.

Per ridurre ulteriormente la dissaturazione bisognerebbe agire sul processo, sulle attrezzature e sulla componentistica, trovando soluzioni tecniche e di prodotto che permettano di migliorare la condizione ergonomica degli addetti.

Occorre quindi studiare nel dettaglio ogni postazione critica e valutare l'inserimento di eventuali attrezzature automatiche o strumenti ausiliari (come ad esempio l'avvitatore elettrico o un attrezzo Speedrill) che facciano diminuire gli atti al minuto, causa principale della valutazione sfavorevole ergonomica sul seguente studio.



Figura 57. Attrezzo speedrill e avvitatore automatico

Anche la componentistica può avere la sua importanza, ad esempio l'uso di perni o viti a testa svasata con quadro sottotesta permetterebbe di usare un solo attrezzo per serrare, riducendo gli atti/min.



Figura 58. Vite a testa svasata con quadro sottotesta

6 IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE PLANT SIMULATION

6.1 IL SOFTWARE PLANT SIMULATION

Siemens Tecnomatix Plant Simulation è un software di simulazione di eventi discreti che crea dei modelli digitali al fine di ottimizzare l'efficienza e la struttura dei sistemi di produzione all'interno degli stabilimenti.

Le simulazioni create con Plant Simulation abbracciano diverse realtà all'interno di uno stabilimento, dalle catene di fornitura interne ed esterne, alle risorse di produzione fino ai processi di lavoro.

La logistica è sicuramente il settore aziendale che trae maggiore giovamento dall'utilizzo di Plant Simulation: questo programma infatti, realizzando simulazioni delle linee di produzione, aiuta lo stabilimento a eseguire consegne “just-in-time” (JIT) e “just-in-sequence” (JIS), di adottare la logica kanban, a pianificare e a costruire nuovi sistemi di produzione e ad evitare i cosiddetti “colli di bottiglia”, ovvero quelle aree che, all'interno di una linea, non permettono la produzione a flusso teso ma creano buffer e tempi morti che riducono drasticamente l'efficienza di un impianto.

Le caratteristiche principali di questo software sono:

- Modellazione gerarchica basata su apposite librerie, per simulare processi ad eventi discreti e continui;
- Visualizzazioni grafiche per analisi di produttività, utilizzo di risorse, rilevamento colli di bottiglia, diagrammi di Sankey e Gantt;
- Visualizzazione 3D basate su formato JT (standard ISO);

Il grande vantaggio derivante dall'utilizzo di questo software è senza dubbio la possibilità di creare layout, flussi e modifiche varie in una linea di produzione senza interferire con i sistemi fisici già esistenti, ma anche di creare a livello progettuale una linea virtuale che permetta di individuare errori o inefficienze prima

dell'installazione della linea vera e propria, ottenendo sostanziosi benefit in termini di costi e tempi.

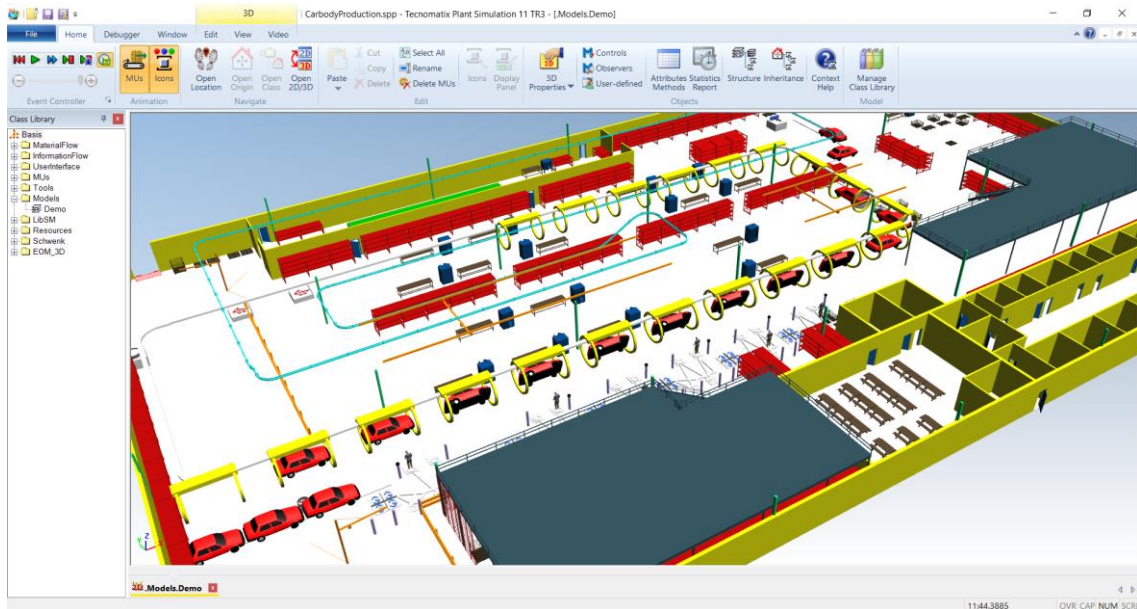


Figura 59. Schermata di un layout 3D su Plant Simulation

Il risultato delle simulazioni fornisce quindi delle informazioni necessarie per effettuare delle modifiche alla linea di produzione oppure di prevenirne inesattezze fin dalle fasi preliminari della pianificazione.

I vantaggi a livello di tempi e costi (estrapolati dal sito proprietario del software) sono i seguenti:

- Diminuzione dei costi del 6% sugli investimenti iniziali;
- Aumento del 20% della produttività degli impianti esistenti;
- Diminuzione del 20% dei costi dei nuovi sistemi;
- Diminuzione del 6% dei livelli di giacenze in magazzino;
- Diminuzione del 60% dei tempi di produzione;
- Conseguenti riduzioni dei consumi energetici e riutilizzo delle risorse grazie all'ottimizzazione della produzione;
- Riduzione dei WIP (Work In Progress);
- Riduzione del tempo di inventario e di throughput (quantità di materiale che transita in una linea in un determinato lasso di tempo).

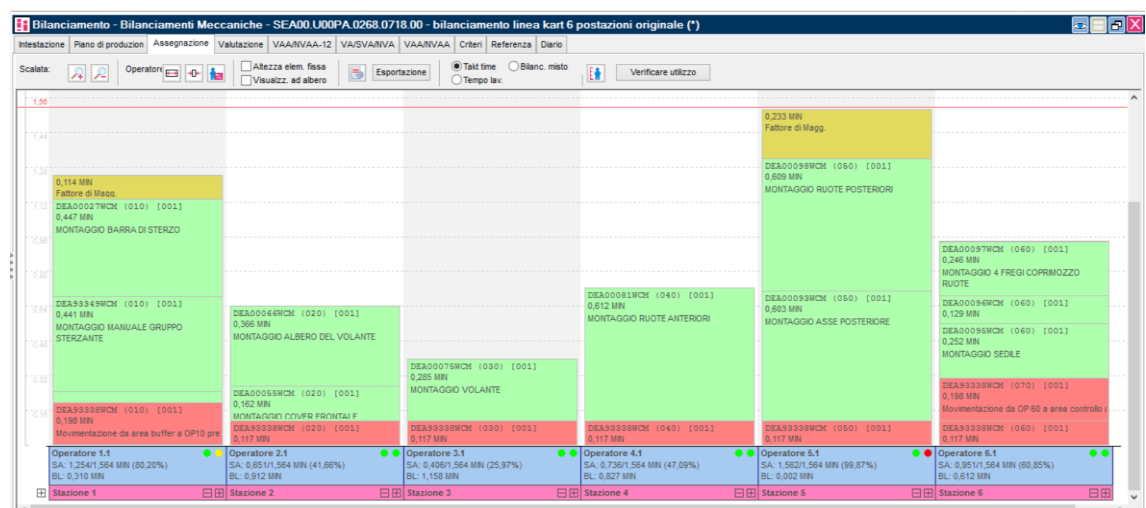
A monte dello sviluppo di una simulazione, è opportuno determinare i seguenti dati:

- Dimensionamento della linea in esame;
- Limiti delle prestazioni dell'impianto;
- Tempi e velocità effettiva della linea;
- Controllo delle strategie;
- Valutazione di alternative differenti;
- Test giornalieri delle attuali operazioni;
- Requisiti della forza lavoro.

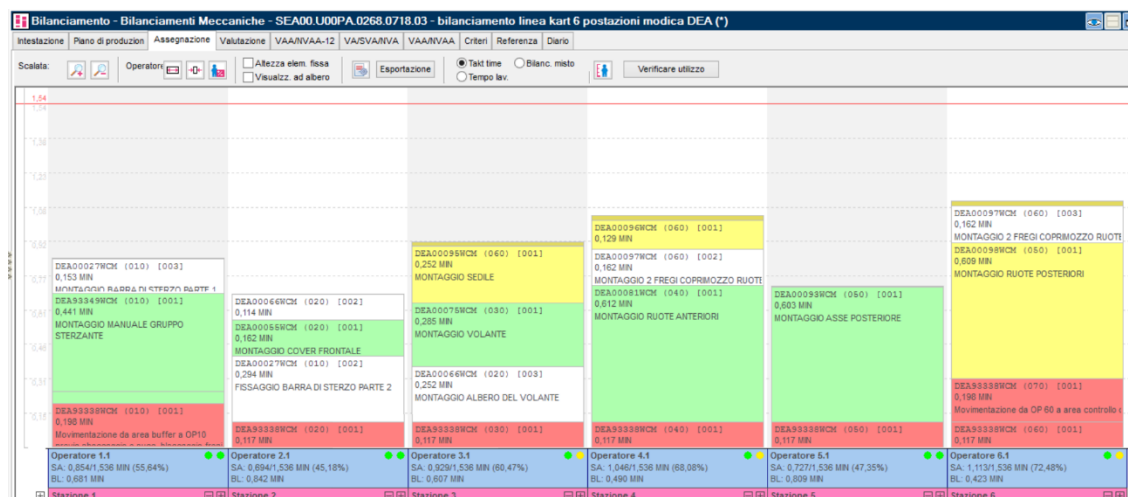
6.2 ATTIVITA' SVOLTE CON PLANT SIMULATION

Le attività svolte attraverso l'utilizzo del software Tecnomatix Plant Simulation sono le seguenti:

- Reperimento dei dati per l'immissione degli input necessari per lo sviluppo della simulazione
- Creazione delle simulazioni dei due scenari più rilevanti che ci sono arrivati da TiCon. I 2 scenari scelti sono:
 - Scenario Iniziale, ovvero il ciclo già esistente sulla WCM Assembly Line, sbilanciato ed inefficiente;



- Scenario finale in configurazione di massima produzione, bilanciato, ergonomico ed applicando la Job Rotation.



6.2.1 REPERIMENTO INPUT

Le informazioni necessarie per creare le simulazioni inerenti alla linea di assemblaggio del kart sono le seguenti:

- Numero di carrelli all'interno dell'area di produzione: tale informazione è indispensabile per calcolare le quantità di kart prodotte in un tempo predefinito (il software calcola le quantità prodotte all'ora). I carrelli all'interno dell'area di lavoro sono 9.
- Takt-time ideale della linea: calcolato su TiCon ed uguale a 56 secondi.
- Tempi di ciascuna postazione di lavoro.
- Percentuale di scarti per ogni postazione di lavoro. È stata ipotizzata, per tutte le varianti, una percentuale di scarti del 3% per tutte le postazioni eccetto per le postazioni OP20 e OP50 (in cui vi è maggiore possibilità di effettuare errori).
- Esistenza o meno del controllo qualità e la sua ubicazione. Sono stati effettuati gli scenari aventi il controllo di qualità a valle della linea di produzione (postazione OP70).

6.2.2 CREAZIONE DELLE SIMULAZIONI

Immessi gli input necessari, sono state create le 2 simulazioni.

Esse forniscono importanti informazioni riguardo:

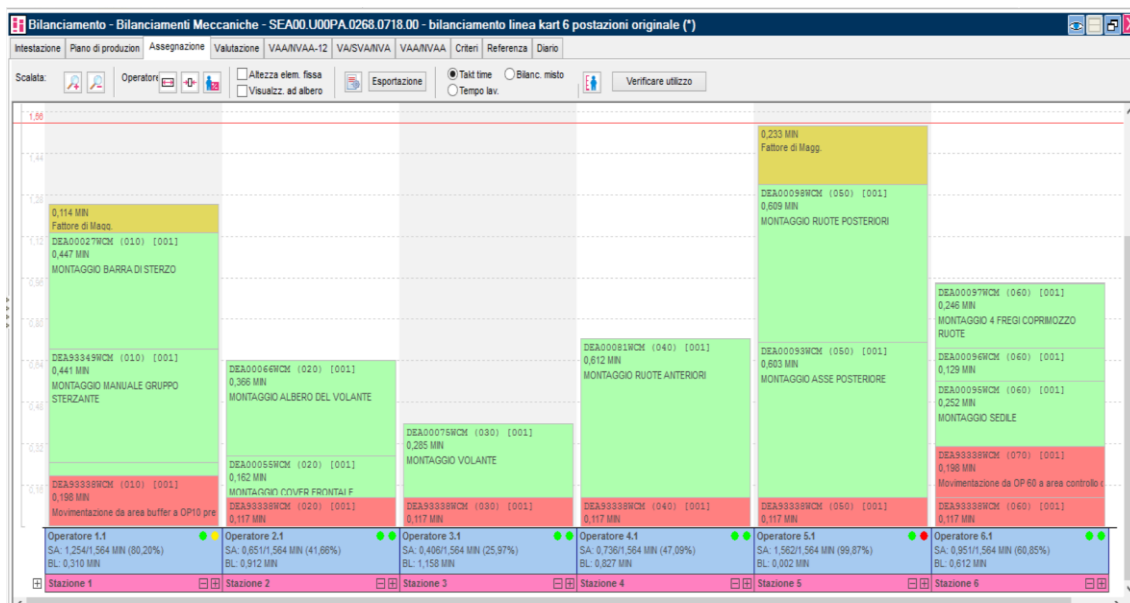
- “Output Takt-time”, ovvero del tempo reale di takt-time al netto di scarti e buffer utilizzati, calcolato in secondi;
- “Lead time”, ovvero il tempo di attraversamento del prodotto, calcolato in minuti;
- “Throughput per hour”, ovvero la quantità di kart prodotti in un’ora;
- “Buffer Utilization”, un istogramma che individua quali buffer vengono accumulati durante la simulazione;
- “Split Lead Time”, una tabella che individua le percentuali di tempo trascorse nei vari buffer e nelle diverse postazioni.

6.2.2.1 SCENARIO INIZIALE

I dati immessi per lo sviluppo di questa simulazione sono i seguenti:

Nome Stazione	Tempo Ciclo [s]	% Scarto
Stazione 1	75	3
Stazione 2	39	5
Stazione 3	24	3
Stazione 4	44	3
Stazione 5	94	5
Stazione 6	57	3
Stazione 7	56	0

Tabella 5. Dati necessari scenario 1 per la simulazione su Plant Simulation



Gli ulteriori input necessari per la simulazione sono:

TAKT TIME (s)	56
N° carrelli	9
Controllo Qualità	SI

Tabella 6. Dati scenario 1 inerenti a takt-time, numeri di carrelli e controllo qualità

Gli output derivanti dalla simulazione sono i seguenti:

- Production Data

Il takt-time derivante dalla simulazione è di 118 secondi (di gran lunga superiore al takt-time a cui si tende che è di 56 secondi). Ciò deriva dal fatto che la linea è sbilanciata, creando attese e dissaturazioni durante la produzione.

Il lead time è di 14 minuti.

Il numero di kart prodotti in un'ora è di 31 pezzi, in quanto, essendoci il controllo qualità, 8 pezzi vengono individuati e rilavorati senza arrivare al cliente finale.

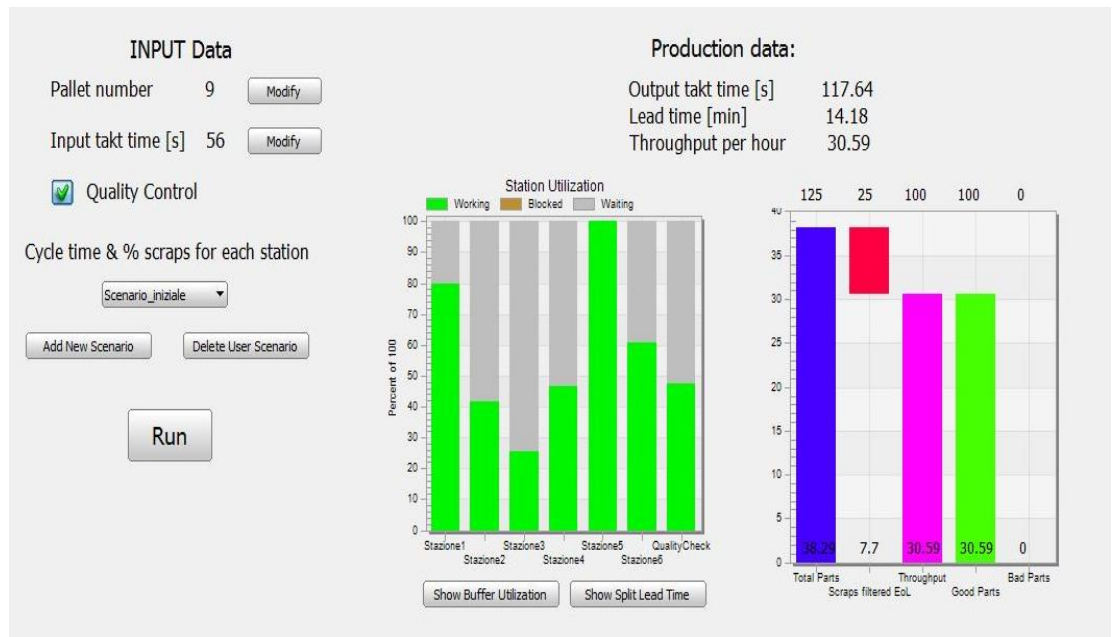


Figura 60. Output della simulazione su Plant Simulation

L'istogramma a sinistra permette, anche a livello visivo, di capire quanto sia sbilanciata la linea. In particolare si nota che la postazione 50 sia quella che necessita di più tempo, diventando collo di bottiglia della linea penalizzandone fortemente la produttività.

Il grafico a destra fornisce alcune informazioni visive riguardo:

- Pezzi totali prodotti (colonna blu): 38
 - Scarti individuati al controllo qualità (colonna rossa): 8
 - Pezzi totali arrivati al cliente (colonna fucsia): 31
 - Pezzi di qualità arrivati al cliente (colonna verde): 31
 - Pezzi difettosi arrivati al cliente: 0
- Buffer Utilization

Questo grafico mette in relazione il numero di pezzi passanti nei buffer con la percentuale di tempo totale che trascorrono al loro interno.

Si noti che il buffer utilizzato durante la simulazione è quello situato a monte della postazione 50 (Buffer 4, colonna GIALLA).

In particolare il grafico dice che, in una simulazione di un'ora, si accumulano 4 pezzi nel buffer 4 per il 10% del tempo totale, si accumulano 5 pezzi nel buffer

4 per L'85% del tempo totale, mentre si accumulano 6 pezzi nel buffer 4 nel 5% del tempo totale, con conseguenti decrementi di produttività della linea.

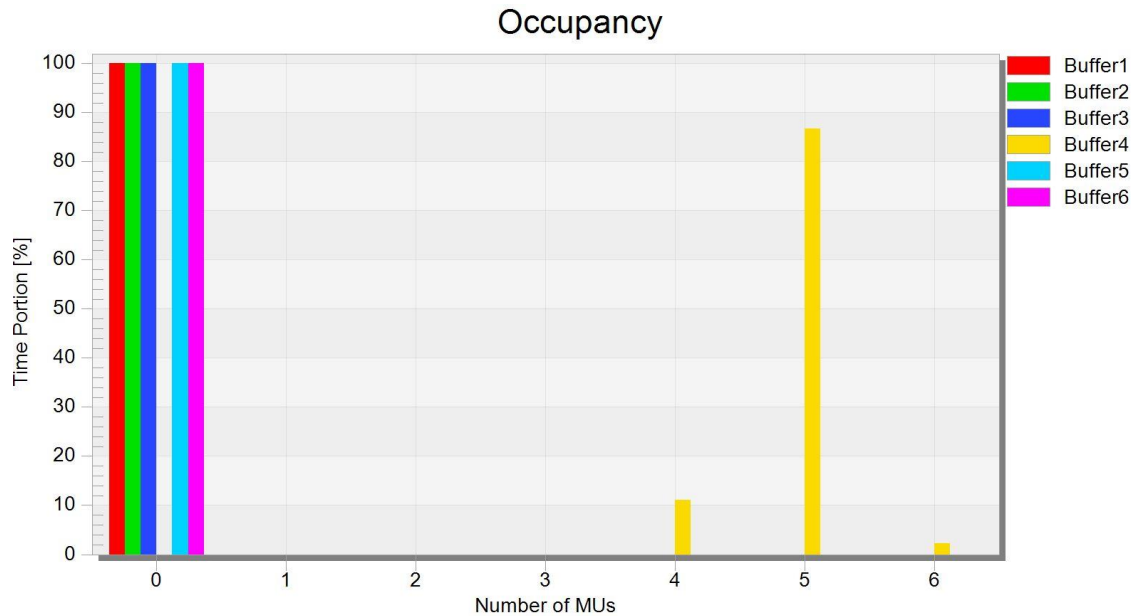


Tabella 7. Utilizzo dei buffer a monte di ciascuna postazione

- Split Lead Time

Questo grafico mostra le percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in un buffer. Si noti i tempi di permanenza molto diversi tra loro nelle singole postazioni di lavoro, con particolare attenzione alla postazione 50, in cui il prodotto staziona per più del 10% del tempo totale della simulazione.

Si noti soprattutto il tempo di stazionamento del prodotto nel buffer 4, più del 50% del tempo totale della simulazione, segno evidente dello sbilanciamento della linea.

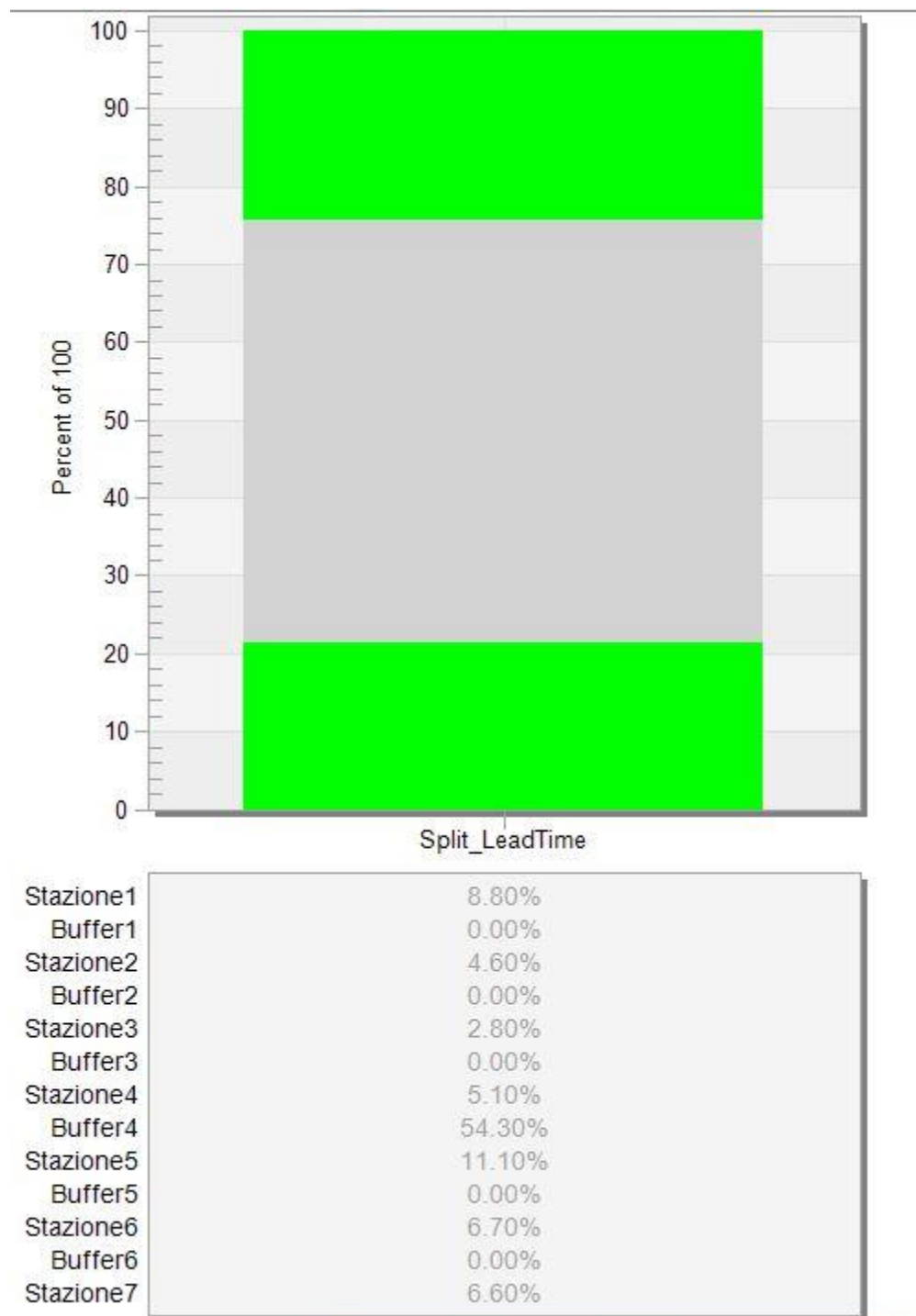


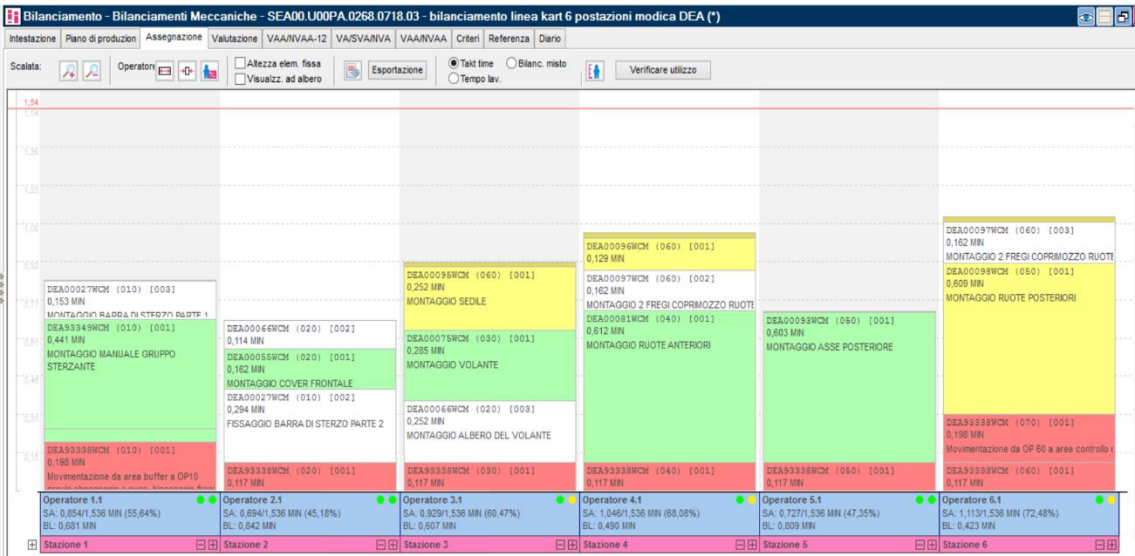
Tabella 8. Percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in suo buffer.

6.2.2.2 SCENARIO FINALE

I dati immessi per lo sviluppo di questa simulazione sono i seguenti:

Nome Stazione	Tempo Ciclo [s]	% Scarto
Stazione 1	51	3
Stazione 2	42	5
Stazione 3	56	3
Stazione 4	63	3
Stazione 5	44	5
Stazione 6	86	3
Stazione 7	67	0

Tabella 9. Dati necessari scenario 4 per la simulazione su Plant Simulation



Gli ulteriori input necessari per la simulazione sono:

TAKT TIME (s)

56

N° carrelli

9

Controllo Qualità

SI

Tabella 10. Dati scenario 4 inerenti a takt-time, numeri di carrelli e controllo qualità

Gli output derivanti dalla simulazione sono i seguenti:

- Production Data

Il takt-time derivante dalla simulazione è di 84 secondi (tempo che si avvicina un po' dal takt-time a cui si tende che è di 56 secondi). Ciò deriva dal fatto che la linea ha subito delle modifiche e dei ribilanciamenti attraverso l'utilizzo del software TiCon.

Il lead time è di 10 minuti.

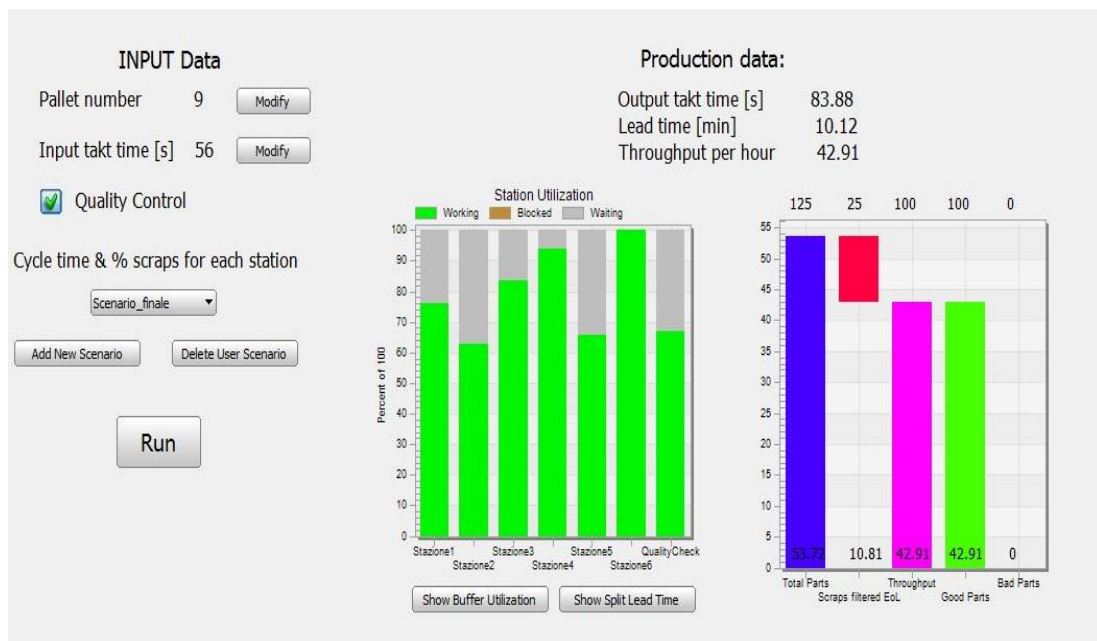


Figura 61. Output della simulazione su Plant Simulation

Il numero di kart prodotti in un'ora è di 43 pezzi, tutti revisionati e di qualità, avendo immesso a valle della linea un controllo qualità.

L'istogramma a sinistra permette, anche a livello visivo, di capire il lavoro svolto riguardo il bilanciamento della linea. In particolare si nota che le postazioni 40 e 60 siano le uniche leggermente sbilanciate rispetto alle altre (esclusivamente per limiti tecnologici), creando quindi dei piccoli buffer.

Il grafico a destra fornisce alcune informazioni visive riguardo:

○ <

- Buffer Utilization

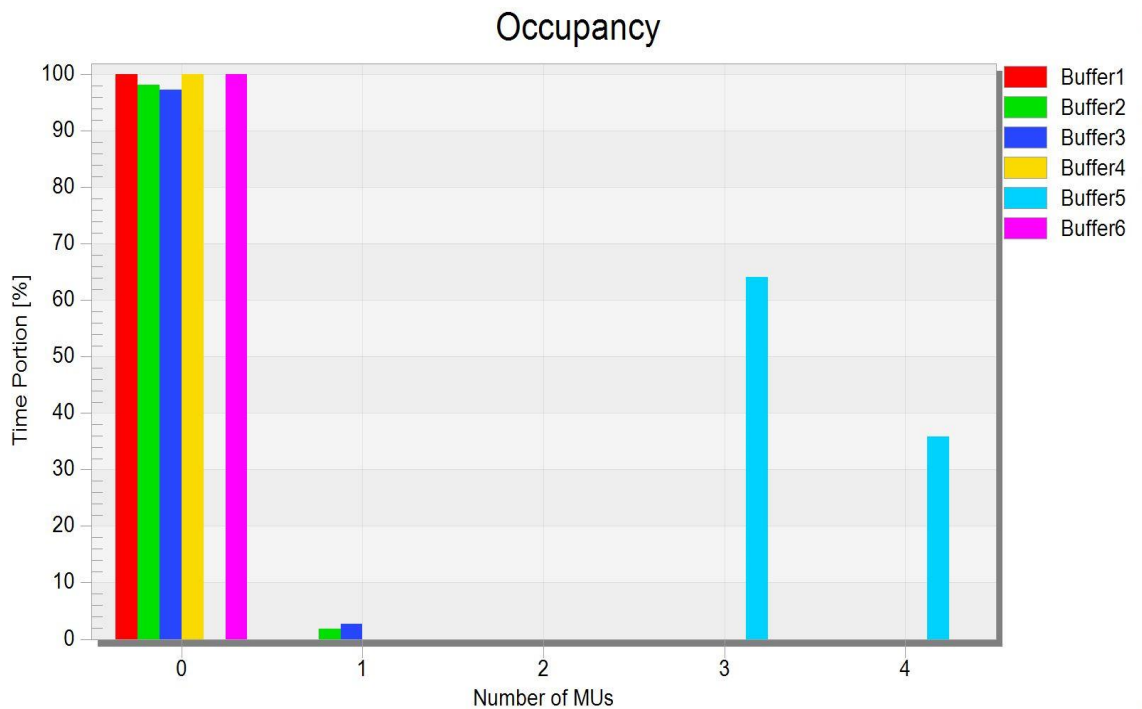


Tabella 11. Utilizzo dei buffer a monte di ciascuna postazione

Questo grafico ci permette di capire l'utilizzo dei buffer durante la simulazione, mettendo in relazione il numero di pezzi passanti nei buffer con la percentuale di tempo totale che trascorrono al loro interno.

Si noti che il buffer più utilizzato durante la simulazione è quello situato a monte della postazione 60 (Buffer 5, colonna AZZURRA).

In particolare il grafico dice che, in una simulazione di un'ora, si accumulano 3 pezzi nel buffer 5 per il 65% del tempo totale, mentre si accumulano 4 pezzi nel buffer 5 per il 35% del tempo totale, con conseguenti decrementi di produttività della linea.

Si noti anche un piccolissimo utilizzo dei buffer a monte delle postazioni 30 e 40 (rispettivamente le colonnine VERDE e BLU), equivalente a circa il 3% del tempo totale della simulazione.

- Split Lead Time

Questo grafico mostra le percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in un buffer.

Si noti che i tempi trascorsi nelle singole postazioni sono più o meno simili tra loro e oscillanti intorno al 10% (merito del lavoro svolto riguardo il bilanciamento della linea effettuato attraverso l'utilizzo del software TiCon).

Si noti inoltre il tempo che il prodotto passa nel buffer 5 a monte della postazione 60 (il 37,10% del tempo totale), che è un valore abbastanza elevato ma che non si è potuto minimizzare ulteriormente a causa dei vincoli tecnologici della linea.

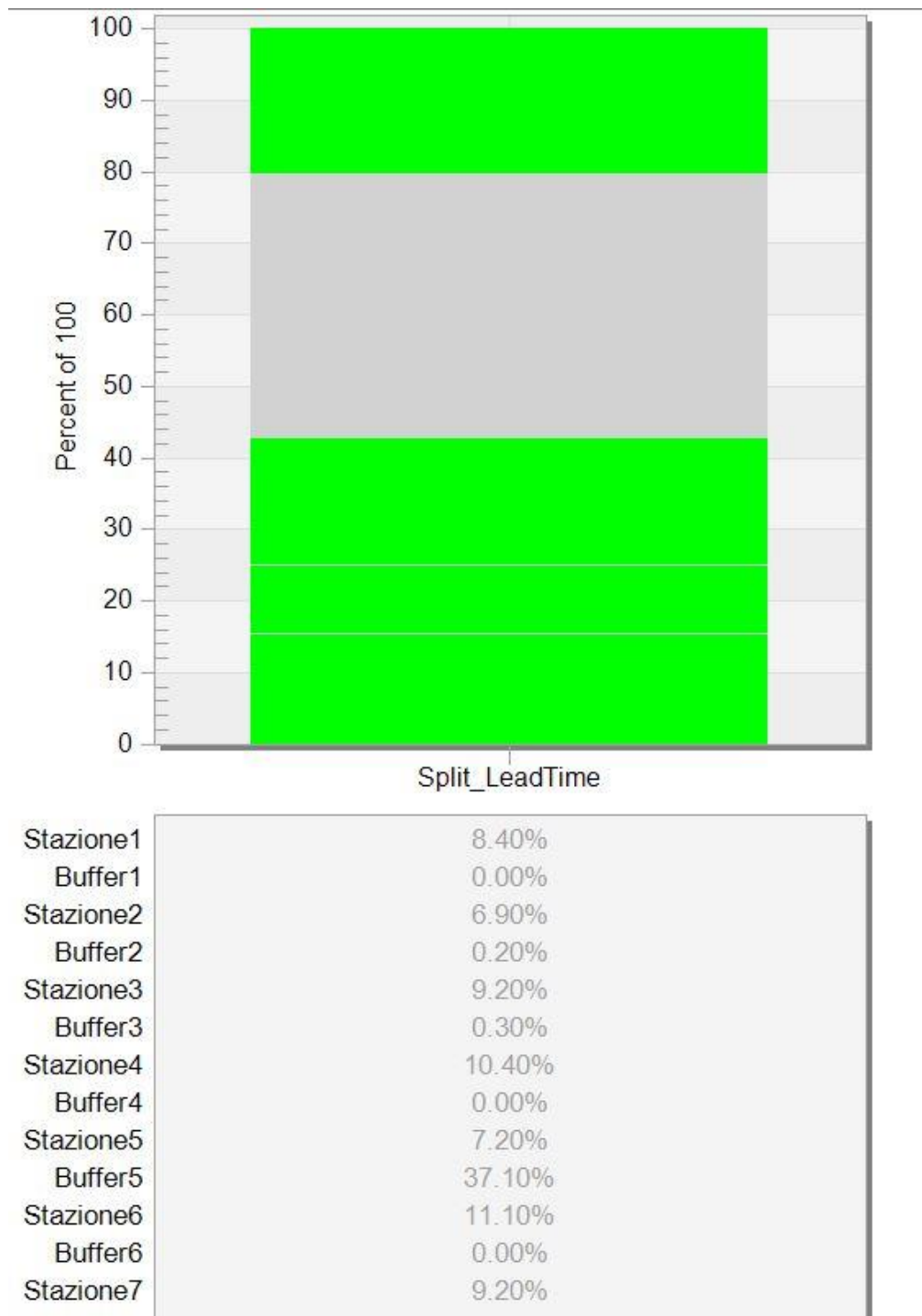


Tabella 12. Percentuali in tempo della permanenza del prodotto in una postazione o in suo buffer.

7 CONCLUSIONI

Si traccia un'analisi globale dei vantaggi derivanti dall'utilizzo dei software TeamCenter, TiCon e Plant Simulation applicati alla WCM Assembly Line e di come questi programmi possano essere all'avanguardia nella progettazione di nuove linee di produzione.

I punti di forza ottenuti dall'utilizzo dei software e dell'implementazione dei suddetti sulla WCM Assembly Line sono molteplici:

- Attraverso l'uso di TeamCenter si sono raggiunti i seguenti obiettivi:
 - Una migliore ed efficiente gestione dei cicli di lavorazione;
 - La possibilità di avere una categoria ampiamente dettagliata dedicata a tutti gli utensili utilizzati e alle attrezzature di sicurezza;
 - La possibilità di avere una categoria ampiamente dettagliata dedicata ai componenti utilizzati durante l'assemblaggio, al fine di avere una corretta visualizzazione delle quantità necessarie ed utilizzate (effettuando quindi una doppia verifica col fornitore);
 - La possibilità di lavorare in un file unico all'interno di un server a cui può accedere solo il personale autorizzato;
 - La possibilità di caricare sul ciclo i file CAD delle fasi delle operazioni, dei componenti, delle attrezzature e delle aree di lavoro, con la possibilità di realizzare l'intera linea di produzione con cicli allegati.
- Attraverso l'uso di TiCon si sono raggiunti i seguenti obiettivi:
 - Gestione del bilanciamento della linea, potendo apportare immediate modifiche;
 - Gestione ottimale dei tempi delle postazioni di lavoro e di takt-time;
 - La capacità di interagire con i sistemi TCM;
 - Gestione dell'Ergo-Bilanciamento.
- Attraverso l'uso di Plant Simulation si sono raggiunti i seguenti obiettivi:
 - Un potente strumento di simulazione che fornisce informazioni riguardo l'efficienza della linea, takt-time e Lead Time;

- La possibilità di capire se la linea progettata sia efficiente o meno, senza andare a manomettere fisicamente la linea esistente;
- La possibilità di capire se vi saranno inutili attese (e quindi l'utilizzo di buffer ai capi di ogni postazione) e quanto esse inficeranno sulla produzione in termini di tempo.

Questa tesi fornisce una Vision (in accordo con i concetti WCM) e le basi su una possibile implementazione di software digitali in ambito di progettazione di nuove linee di produzione e di apportare modifiche a quelle già esistenti in tutti gli stabilimenti FCA, in quanto tali software forniscono dei vantaggi in termini di costi e tempi davvero rilevanti.

Su questi punti l'attenzione non soltanto sui software utilizzati (che sono programmi commerciali utilizzati in tutto il mondo), ma sull'ottica di cambiare il modo di progettare, dimensionare e definire le linee di produzione nel mondo automotive (e non solo!), superando ed ottimizzando tecniche obsolete che generano errori, guasti, ri-lavorazioni con conseguenti perdite e sprechi.

8 BIBLIOGRAFIA

- Yamashina H., WCM Safety Standard Book
- Yamashina H., WCM Cost Deployment Standard Book
- Yamashina H., WCM Focused Improvement Standard Book
- Yamashina H., WCM Autonomous Maintenance Standard Book
- Yamashina H., WCM Workplace Organization Standard Book
- Yamashina H., WCM Professional Maintenance Standard Book
- Yamashina H., WCM Quality Control Standard Book
- Yamashina H., WCM Logistics & Customer Service Standard Book
- Yamashina H., WCM Early Equipment Management Standard Book
- Yamashina H., WCM Early Product Management Standard Book
- Yamashina H., WCM People Development Standard Book
- Yamashina H., WCM Environment Standard Book
- Yamashina H., WCM Energy Standard Book
- Yamashina H., WCM Managerial Pillars Standard Book
- <http://www.team3d.it/2010/11/26/cos%E2%80%99il-plm/>
- http://www.team3d.it/teamcenter/?gclid=CjwKCAjwg_fZBRAoEiwAppvp-dyObDDsF_wQYXvgiaeIIetpmXORTeXAJysT331M3NMLWKbcTi45QhoCaLUQAvD_BwE
- <https://www.plm.automation.siemens.com/it/products/teamcenter/>
- <http://www.ccsteam.it/prodotti/teamcenter/parti-con-il-plm>
- http://automazione-plus.it/nuove-soluzioni-siemens-teamcenter-11_79422/
- <http://www.ergo-mtm.it/software/ticon>
- <https://www.plm.automation.siemens.com/it/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml>
- <https://www.plm.automation.siemens.com/store/it-it/plant-simulation/index.html>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality

- <https://www.youtube.com/watch?v=FPcbBJbGhmk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=-Kovxf6gomo>
- <https://www.youtube.com/watch?v=NCBEYaC876A>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality
- <https://www.youtube.com/watch?v=D-A1l4Jn6EY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=k7rZSRcVM84>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Mixed_reality
- <https://www.youtube.com/watch?v=2MqGrF6JaOM>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>
- https://www.youtube.com/watch?v=ht6y_cijYmY
- <https://www.youtube.com/watch?v=OCMafswcNkY>
- <http://www.team3d.it/plant-simulation/>
- <https://www.hylasoft.com/it/product/siemens-tecnomatix-plant-simulation>
- https://www.wcm.fcagroup.com/it-it/wcm_academy/Pages/default.aspx
- FCA Italy S.p.a., Manifesto of WCM
- <https://ialweb.it/resources/evlive/SWOT.pdf>

9 RINGRAZIAMENTI

Ringrazio per l'opportunità offertami e per il costante supporto per lo sviluppo della tesi:

- I miei genitori, per la loro continua ed inesauribile spinta;
- Dott. Luciano Massone, per l'opportunità che mi è stata offerta nel mondo WCM.
- Valentina Ferrari, la mia tutor aziendale, punto di riferimento in WCM Academy e dell'intera esperienza FCA;
- Prof. Maurizio Schenone, il mio tutor accademico, per la dedizione e la tempestività del suo supporto;
- Graziano Vassallo, per il supporto morale offertomi e per gli insegnamenti sui concetti WCM ed FCA in generale;
- Claudia Diez, per il supporto morale e tecnico sulla mia integrazione durante l'esperienza FCA;
- Vincenzo Lo Schiavo, per l'amicizia lunga 23 anni e per avermi fatto conoscere il mondo FCA e WCM;
- Marco Renna, per il supporto durante l'utilizzo di TeamCenter;
- Francesco Del Giudice, per il supporto durante l'utilizzo di TiCon;
- Nicolò Salvatore Plaia, per il supporto e lo sviluppo dei CAD e dei componenti utilizzati;
- Gianpiero Ingrassia, per il supporto durante l'utilizzo di Plant Simulation;
- Pierfrancesco Panessa, per avermi dato la possibilità di sviluppare questa tesi;
- Elena Curato, per il materiale fornitomi in materia di Ergonomia.