

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



**Razionalizzazione del flusso e spostamento
a monte del processo Pacemaker in
un'azienda del settore automotive**

Relatore: Prof. Alberto Portioli Staudacher

Tesi di Laurea di:

Davide Locatelli Matr. n° 797085

Anno Accademico 2013 - 2014

Indice Generale

Abstract	1
Executive Summary	3
Introduzione	7
1. L'azienda: Robert Bosch GmbH	9
1.1. Generalità	9
1.2. Bosch worldwide.....	11
Numeri ed attualità	11
Business Sectors	13
Obiettivi e sviluppi futuri	15
1.3. Bosch in Italia	17
La presenza sul territorio.....	17
Numeri ed attualità.....	17
1.4. Bosch VHIT S.p.A.: la sede di Offanengo (CR).....	19
Storia ed organigramma	21
Il dipartimento Logistica	22
La vision del dipartimento Logistica.....	24
1.5. Il BPS: Bosch Production System.....	25
Che cos'è il BPS.....	25
Vision e True North	26
Principi ed Elementi.....	28
KPI e gestione del miglioramento continuo: dal System CIP al Daily Management	31
2. Contestualizzazione del progetto	39
2.1. Obiettivi e metodologie.....	39
2.2. Il processo Pacemaker: definizione, conseguenze sul flusso ed analisi della letteratura.....	43

2.3. Calcolo carte kanban e dimensionamento supermarket: analisi della letteratura e regole	48
2.4. La configurazione produttiva in VHIT	56
Le aree ed i flussi di materiale	58
I prodotti coinvolti nel progetto	64
3. Dallo Stato Iniziale allo Stato Finale: mappatura e modifica del flusso di valore	67
3.1. Initial State: la situazione “as is”	67
Cosa mappare?	67
Analisi dei flussi	68
Value Stream Map	72
3.2. Target State: la situazione “to be”	75
Considerazioni e proposte di modifica	75
Value Stream Design	78
4. Lo spostamento del Pacemaker: implementazione e monitoraggio	83
4.1. La gestione delle carte kanban	83
4.2. La gestione del D204	88
Primo pattern e relative problematiche	89
Il pattern definitivo	96
La questione del cambio tipo	99
4.3. Monitoraggio	103
Strutturazione	103
KPI di progetto	105
Gestione delle deviazioni	110
5. Risultati	115
5.1. Le scorte in process	117
5.2. Le scorte di prodotto finito	124

5.3. Il risultato finale	128
6. Considerazioni e conclusioni	131
6.1. Il punto di vista interno	131
6.2. Next Steps	133
Bibliografia	135
Sitografia	137

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Primi passi dell'internazionalizzazione Bosch.....	9
Figura 2. Struttura societaria Robert Bosch GmbH.....	10
Figura 3. Fatturato ripartito per area geografica	11
Figura 4. Investimenti in R&S tra il 2009 ed il 2013 [Mld€]	12
Figura 5. Business Sectors Gruppo Bosch.....	13
Figura 6. Sedi Bosch in Italia	17
Figura 7. Vista esterna di VHIT e dettaglio dell'ingresso	19
Figura 8. Classificazione prodotti VHIT	20
Figura 9. Applicazioni e campi di utilizzo prodotti VHIT	20
Figura 10. Storia VHIT S.p.A.....	21
Figura 11. Struttura ed organigramma VHIT S.p.A.	22
Figura 12. Struttura ed organigramma dipartimento LOG	23
Figura 13. Macroaree di valutazione delle performance logistiche.....	24
Figura 14. Logo BPS	25
Figura 15. Principi ed Elementi BPS	28
Figura 16. Esempio di Poka Yoke nel design di prodotto	30
Figura 17. Esempio di KPI Tree	32
Figura 18. Struttura del System CIP	34
Figura 19. I 5 elementi del Point CIP	35

Figura 20. Continuous Improvement Process: fasi ed obiettivi	37
Figura 21. Metodologie e strumenti utilizzati	41
Figura 22. Caso 1: PM sull'ultimo processo	44
Figura 23. Caso 2: PM sul collo di bottiglia.....	45
Figura 24. Caso 3: PM sul primo processo	46
Figura 25. Spostamento a monte del pacemaker in un MTS: conseguenze	47
Figura 26. Stadi incrementali di penetrazione della filosofia Lean.....	48
Figura 27. Fattori che influenzano il dimensionamento di un supermarket	49
Figura 28. Scomposizione del tempo di replenishment	52
Figura 29. Calcolo carte kanban in un loop chiuso, formula Bosch	55
Figura 30. Piantina area produttiva VHIT.....	58
Figura 31. Supermarket tra Lavorazioni Meccaniche ed Assemblaggio.....	59
Figura 32. Flussi di materiale in area produttiva.....	60
Figura 33. KLT con kanban di trasporto	62
Figura 34. Struttura attività Milkrun Blu.....	62
Figura 35. Dolly di movimentazione interna per componente lavorato.....	63
Figura 36. Carta kanban di produzione	64
Figura 37. Flusso corpo D195 (lavorazione interna).....	69
Figura 38. Bubble Diagram area Machining (Initial State).....	70
Figura 39. Kanban loop per corpi D195-D204 (lavorazione esterna).....	71
Figura 40. Kanban loop per corpi D195 (lavorazione interna)	72

Figura 41. Value Stream Map: Initial State	73
Figura 42. Value Stream Design: Target State	79
Figura 43. Bubble Diagram area Machining (Target State)	80
Figura 44. Overview del Target State	83
Figura 45. Slitta per la raccolta carte kanban presso Washing	84
Figura 46. Kanban loop per corpi D195-D204 lavorati esternamente (Target State).....	85
Figura 47. Kanban loop per corpi D195 di produzione interna (Target State)	86
Figura 48. Linea FIFO D195 con istruzioni per il riempimento.....	90
Figura 49. Kanban di trasporto “misto”	91
Figura 50. Cartello di avviso per produzione D204 in corso.....	91
Figura 51. Primo dolly D204 portato in linea mista per cambio tipo	92
Figura 52. Primo dolly D195 portato in linea mista per cambio tipo	93
Figura 53. Giacenza Prodotto Finito D195 (fine giugno/ inizio luglio)	95
Figura 54. Slitta lavaggio corpi D195/D204.....	96
Figura 55. Zone della slitta (corsia D204)	97
Figura 56. Giacenza Prodotto Finito D195 (seconda metà di luglio)	98
Figura 57. Struttura operativa del Quick ChangeOver (QCO)	100
Figura 58. Tabellone Punto CIP	104
Figura 59. KPI Tree di progetto.....	105
Figura 60. Dolly D195 all’interno della FIFO (Week 39).....	107

Figura 61. Dolly D204 all'interno della FIFO (Week 39)	108
Figura 62. Dolly D195 - D204 all'interno della FIFO (Week 40)	109
Figura 63. Modulo OPL (Open Point List)	110
Figura 64. Esempio compilazione Open Point List (deviazioni fine Agosto)	111
Figura 65. Raccolta Deviazioni (agosto-settembre)	112
Figura 66. Clusterizzazione deviazioni (agosto-settembre)	113
Figura 67. Raccolta deviazioni (ottobre)	114
Figura 68. Confronto deviazioni	114
Figura 69. Trend delle vendite mensili periodo aprile-ottobre.....	116
Figura 70. Situazione stock pre Washing periodo aprile/maggio 2014	120
Figura 71. Evoluzione scorte area pre lavaggio	121
Figura 72. Corpi D195 pre-Washing	121
Figura 73. Corpi D204 pre Washing	122
Figura 74. Final State	130

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Situazione Prima Procedura Operativa	94
Tabella 2. Situazione seconda Procedura Operativa.....	97
Tabella 3. Esempio operativo Fase 5a	101
Tabella 4. Esempio operativo Fase 5b	102
Tabella 5. KPI di Monitoraggio	106
Tabella 6. Risultati WIP tra Machining ed Assembly (stock)	118
Tabella 7. Risultati WIP tra Machining ed Assembly (Lead Time)	119
Tabella 8. Risultati WIP pre lavaggio (stock).....	122
Tabella 9. Risultati WIP pre lavaggio (Lead Time).....	123
Tabella 10. Risultati eliminazione banco di controllo	124
Tabella 11. Risultati Prodotto Finito (stock)	125
Tabella 12. Risultati Prodotto Finito (Lead Time)	125
Tabella 13. Riassunto risultati finali	128

Abstract

This work deals with a project named “Consumption Control: Pacemaker Movement from Assembly to Machining”, that took place from June to October 2014 in Bosch VHIT S.p.A., in Offanengo (CR).

According to the lean production philosophy, the Pacemaker process (PM) is the only point in a production system to which the scheduling should obey, the station that sets the pace for the whole system: with respect to its position, the features of the system may change and several consequences are expected to show up in other points of the value stream.

The project analyses the value stream of a key product for VHIT S.p.A., where PM is positioned at the Assembly line: then, it aims at moving it upstream at the previous station, in order to reach an established series of benefits, especially dealing with stock and Lead Time reduction.

To reach the target situation, the whole process has been analyzed and optimized: the best possible conditions to put into practice this relocation of PM have been created.

The purposes of this thesis almost coincide with the purposes of the project: they may be summarized as follows.

On one hand, to study how to map and modify the structure of the value stream in order to reach the targets, and which kind of approach should be applied: with respect to this point, the Bosch Production System (BPS) guidelines dictated the approach the project has adhered to.

On the other hand, to analyse the consequences and final results, to evaluate them both on a quality and quantity level and to verify their compliance to the initial theoretical expectations.

In order to provide a full comprehension, the basis of BPS are defined in detail, as well as some theory related to key lean concepts like pacemaker process or supermarket dimensioning.

KEYWORD: Pacemaker, Bosch Production System, Continuous Improvement Process, Value Stream Mapping, supermarket.

Executive Summary

La struttura logica dei contenuti della tesi è impostata come segue.

Dopo una breve introduzione, il Capitolo 1 si apre con una generale presentazione della Robert Bosch GmbH, multinazionale tedesca a cui appartiene VHIT S.p.A, azienda all'interno della quale è ambientato il lavoro.

La presentazione dell'azienda viene articolata in tre livelli: Bosch Mondo, Bosch Italia, Bosch VHIT.

Per quanto riguarda i primi due livelli, vengono introdotti i settori di business attivi e presentata una serie di macro dati di attualità: l'obiettivo è dipingere un quadro dinamico e fedele di un colosso che muta a velocità sorprendente.

Infine, il focus si sposta su VHIT S.p.A.: ne vengono delineati storia, tipologie di prodotti ed organigramma, con particolare attenzione rivolta al reparto Logistica all'interno del quale è stato svolto il lavoro.

In quest'ultima parte si trova anche un'introduzione al Bosch Production System (BPS), lo strumento attraverso cui la multinazionale tedesca applica concetti Lean ai propri processi: in particolare, vengono prese in esame ed approfondite le modalità con cui il BPS si appropria al miglioramento continuo, cioè il Continuous Improvement Process (CIP). La descrizione di questo processo risulta particolarmente importante ai fini del lavoro, in quanto ne rappresenta l'ossatura sistemica. Si tratta, infatti, dell'approccio che ha guidato lo sviluppo del progetto in esame: rappresenta perciò una digressione teorica necessaria per raggiungere una comprensione completa di quanto verrà condotto da un punto di vista pratico nei capitoli successivi.

Il Capitolo 2 riveste la fondamentale funzione di contestualizzazione tematica della tesi. Esso si apre con la dichiarazione degli obiettivi perseguiti con il presente lavoro e con l'elenco delle metodologie utilizzate. Successivamente, prosegue con il focus su due *lean concepts* cardine per il progetto in atto: cosa sia il processo Pacemaker (PM) e come dimensionare il numero di carte kanban da inserire all'interno di un flusso. Entrambi gli argomenti sono affrontati partendo dall'analisi della letteratura di riferimento, per poi considerare le loro implicazioni ed applicazioni pratiche all'interno di un ambiente produttivo reale. Tali considerazioni verranno poi verificate in sede di analisi dei risultati (Capitolo 5), per verificare a consuntivo quanto l'esperienza pratica abbia confermato quanto predetto dalla valutazione teorica.

Infine, per rendere completa la contestualizzazione, l'ultima parte del Capitolo 2 viene dedicata al dettaglio dell'ambiente produttivo VHIT: vengono descritti le caratteristiche del sistema, i flussi, i componenti ed i meccanismi di movimentazione interna.

Il Capitolo 3 include le prime analisi ed osservazioni di campo, che hanno guidato lo sviluppo dalla mappatura dello Stato Iniziale alla definizione dello Stato Target, grazie allo strumento del Value Stream Mapping.

Partendo dall'Initial State, sono state individuate le aree ed i nodi considerati maggiormente critici; agendo su di essi, è stata definita una direzione di miglioramento, che ha guidato la creazione del Target State.

In questa fase del progetto sono state affrontate anche problematiche di contorno alla questione del Pacemaker, principalmente riguardanti una razionalizzazione interna delle attrezzature coinvolte nei processi: a proposito di queste ultime, alcune valutazioni hanno necessitato l'intervento di altre funzioni aziendali. La risposta generata in output da questi "team" costituisce ai fini di questo lavoro una black box, cioè non ne sono dettagliate le modalità.

Il Capitolo 4 descrive gli aspetti relativi all'implementazione pratica ed alle attività di monitoraggio. L'applicazione pratica del nuovo standard ha indotto la necessità di modificare alcune procedure operative, in varie aree dello stabilimento. Questa fase è stata caratterizzata da varie difficoltà, che sono raccontate nel dettaglio. Per quanto riguarda le attività di monitoraggio svolte, il capitolo comincia con una descrizione della struttura di sostegno a tale attività (secondo gli standard del Bosch Production System) e prosegue indicando i Key Performance Indicators selezionati specificatamente per il controllo dello stato del sistema. Da ultimo, viene illustrato l'approccio utilizzato per rilevare e gestire le deviazioni di sistema.

Il Capitolo 5 include la raccolta e l'analisi dei risultati.

Gli obiettivi delineati inizialmente sono affrontati uno ad uno, per verificarne l'avvenuto raggiungimento. Particolare attenzione viene dedicata all'analisi dei risultati ottenuti in termini di stock e di Lead Time, la cui riduzione costituisce l'obiettivo principale dell'intero progetto. I vari risultati parziali ottenuti su ognuna delle aree interessate sono stati accorpati per individuare i risultati quantitativi complessivi.

Il Capitolo 6 riporta una serie di considerazioni e conclusioni, in parte personali, in parte provenienti da fonti interne all'azienda: l'obiettivo è individuare i punti di forza e di debolezza dell'approccio seguito e degli strumenti utilizzati, nonché far emergere eventuali opportunità di miglioramento attraverso il feedback di chi ha partecipato direttamente allo sviluppo del lavoro.

Infine, le ultime righe della tesi sono dedicate ad un breve elenco dei possibili next steps del progetto.

Introduzione

La Lean Production ed i suoi derivati hanno già ispirato centinaia di testi, saggi e tesi di laurea.

Filone di grande attualità anche a causa della crisi mondiale, che spinge ad una costante e sistematica caccia agli sprechi, presenta una varietà pressoché infinita di possibili argomenti di focus, interessando la totalità dei processi e delle funzioni aziendali.

Non solo: l'evidente successo scaturito dalla nascita del Toyota Production System ha sensibilizzato, nel corso dei decenni, molte altre multinazionali alla necessità di definire una propria identità produttiva, da raggiungere attraverso l'implementazione ed il radicamento di pratiche lean all'interno dell'operatività quotidiana.

La Robert Bosch GmbH, tra i maggiori gruppi industriali mondiali, appartiene a questa categoria: a cavallo del cambio di secolo, ha definito ed introdotto il Bosch Production System (BPS), guida per l'implementazione della produzione snella all'interno del pianeta Bosch.

Proprio su questo "pianeta" nasce e si sviluppa il seguente lavoro: in particolare, presso la Bosch VHIT S.p.A., azienda con sede ad Offanengo (CR), facente parte del gruppo tedesco.

VHIT S.p.A. è una società industriale attiva nel settore automotive, in particolare nella divisione Diesel System: opera nel campo della generazione del vuoto e dell'idraulica, con prodotti destinati al mercato automobilistico mondiale.

Prodotto di punta della società è costituito dalla pompa del vuoto, per il quale la sede rappresenta il centro di competenza mondiale per Bosch.

Il sottoscritto ha trascorso un periodo di stage della durata di sei mesi all'interno del dipartimento di Logistica, da giugno a novembre del corrente anno 2014.

Quanto contenuto in questo progetto di tesi è frutto di un'esperienza diretta e costruttiva, basata tanto su attività operative quanto su analisi/osservazioni di principi teorici appresi durante gli anni di studio.

Elemento caratterizzante della lean è infatti la forte predisposizione all'operatività: non va dimenticato che il Toyota Production System è nato e si è sviluppato all'interno delle fabbriche, e che le direttive e gli strumenti che propone sono stati generati per essere utilizzati direttamente negli ambienti

produttivi, senza il supporto di grandi calcolatori, modelli matematici o apparecchiature complesse.

A questo ragionamento si deve la scelta di basare il presente lavoro su una realtà pratica: la curiosità scaturita da anni di approfondimenti teorici sull'argomento ha finito per tradursi nella voglia di toccare con mano quanto letto ed appreso.

È proprio la coesistenza tra caratteri operativi e concettuali ad avvalorare il contenuto del lavoro: riuscire a coniugare efficacemente le basi teoriche ed una visione di lungo termine all'interno di un contesto produttivo reale, chiamato a confrontarsi con le problematiche della quotidianità di un settore estremamente competitivo, ha rappresentato un'affascinante sfida ed una utile scuola per il futuro.

1. L'azienda: Robert Bosch GmbH

1.1. Generalità

La multinazionale tedesca oggi conosciuta come Robert Bosch GmbH vede la luce il 15 novembre 1886, a Stoccarda, dall'omonimo fondatore. Nata come semplice "Officina di meccanica di precisione ed ingegneria elettrotecnica" nel retro di un edificio industriale, ha conosciuto nei successivi 128 anni una crescita costante che l'ha condotta a strategie prima di forte espansione ed internazionalizzazione - nell'Era Moderna, in direzione soprattutto dei mercati emergenti come l'area Asia-Pacifico - e successivamente di differenziazione in nuovi settori di business - negli ultimi decenni, principalmente tecnologie basate sull'utilizzo di fonti energetiche alternative e rinnovabili.

L'internazionalizzazione di Bosch a livello prima europeo e poi mondiale ha avuto luogo fin dai primissimi anni di vita: uffici commerciali sono stati aperti a Londra e Milano a cavallo del cambio di secolo (1898), seguiti a ruota dal primo stabilimento produttivo extra Germania (Parigi, 1905) e dall'ingresso nel mercato d'oltreoceano (1912).

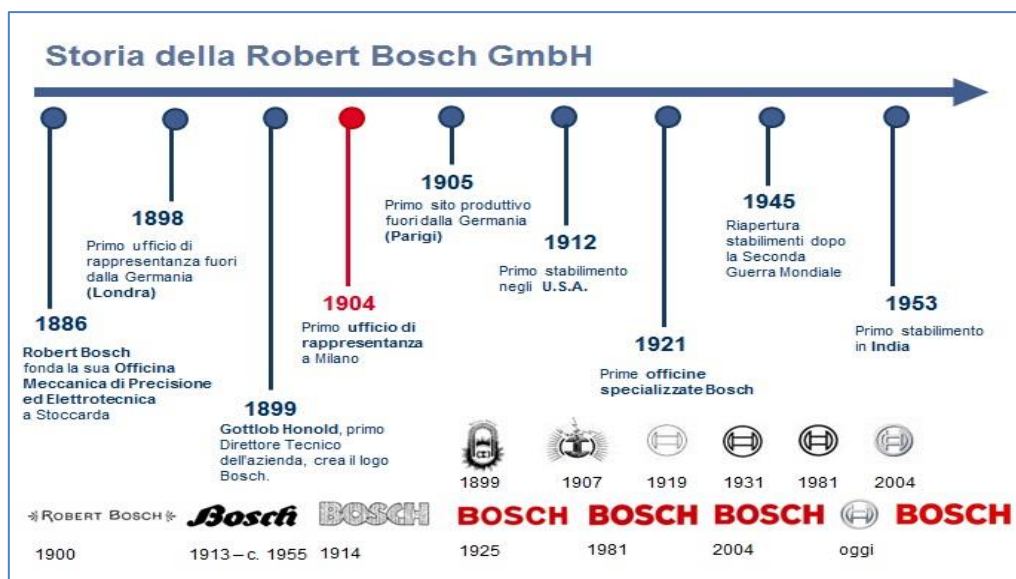


Figura 1. Primi passi dell'internazionalizzazione Bosch

Ad oggi, Bosch ha raggiunto uno status tale da poter essere considerata uno dei maggiori gruppi industriali al mondo, potendo contare su oltre 360 tra consociate e filiali in circa 50 Paesi, che diventano 150 tenendo conto anche dei partner commerciali.

Parte del successo dipende da una specifica peculiarità strutturale: il 92% dell'azienda è detenuto dalla *Robert Bosch Stiftung GmbH*, una fondazione con scopi filantropici attiva in progetti in campo sociale, sanitario ed educativo. Ciò comporta, caso unico tra le multinazionali di dimensioni comparabili, la mancata quotazione in Borsa dell'azienda, che risulta così essere finanziariamente autonoma e meno soggetta a ricercare risultati di breve termine, a vantaggio di politiche di gestione lungimiranti e durevoli nel tempo.

A questo proposito, i diritti di voto appartenenti alla Fondazione sono stati ceduti ad una società fiduciaria, che garantisce la gestione imprenditoriale dell'azienda. Le rimanenti partecipazioni sono suddivise tra la famiglia Bosch e la stessa Robert Bosch GmbH, nelle percentuali illustrate in Figura 2.

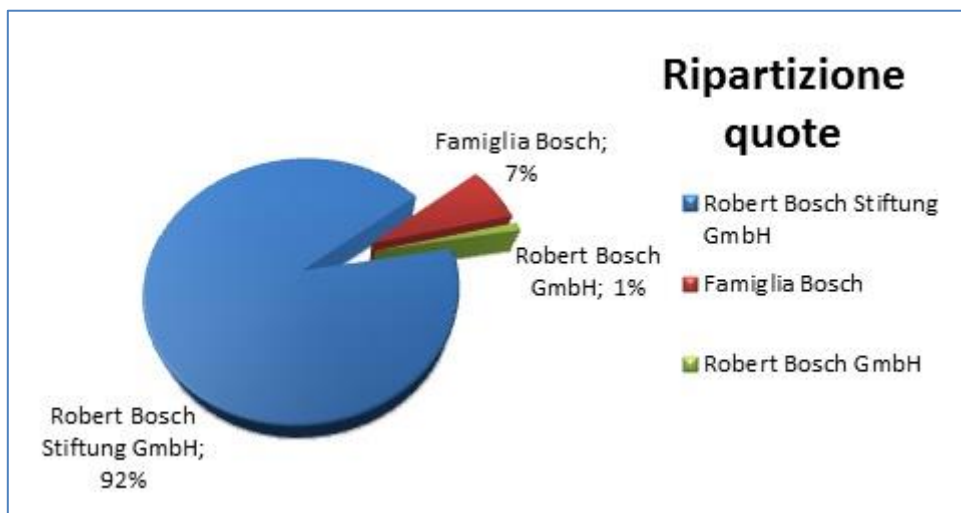


Figura 2. Struttura societaria Robert Bosch GmbH

Costituita nel 1964 e conosciuta come una delle maggiori fondazioni industriali tedesche, la Fondazione Robert Bosch rispecchia la volontà del fondatore di operare per scopi di pubblica utilità. Nella sola Stoccarda la Fondazione gestisce tre istituti nel settore dell'assistenza medica e della ricerca: l'Ospedale Robert Bosch, l'Istituto di Clinica Farmacologica Dott. Margarete Fisher Bosch e

l'Istituto di Storia della Medicina. Nelle attività promosse dalla Fondazione rientrano la tutela della salute, la comprensione tra i popoli, l'assistenza sociale, la formazione e l'educazione, l'arte e la cultura e le scienze morali, sociali e naturali.

1.2. Bosch worldwide

Numeri ed attualità

Nel 2013 il Gruppo ha realizzato un fatturato complessivo di oltre 46 miliardi di euro, in crescita del 3,1% rispetto all'anno precedente: il trend positivo è stato confermato anche nel 2014, con i dati parziali che stimano una crescita attorno al 5%.

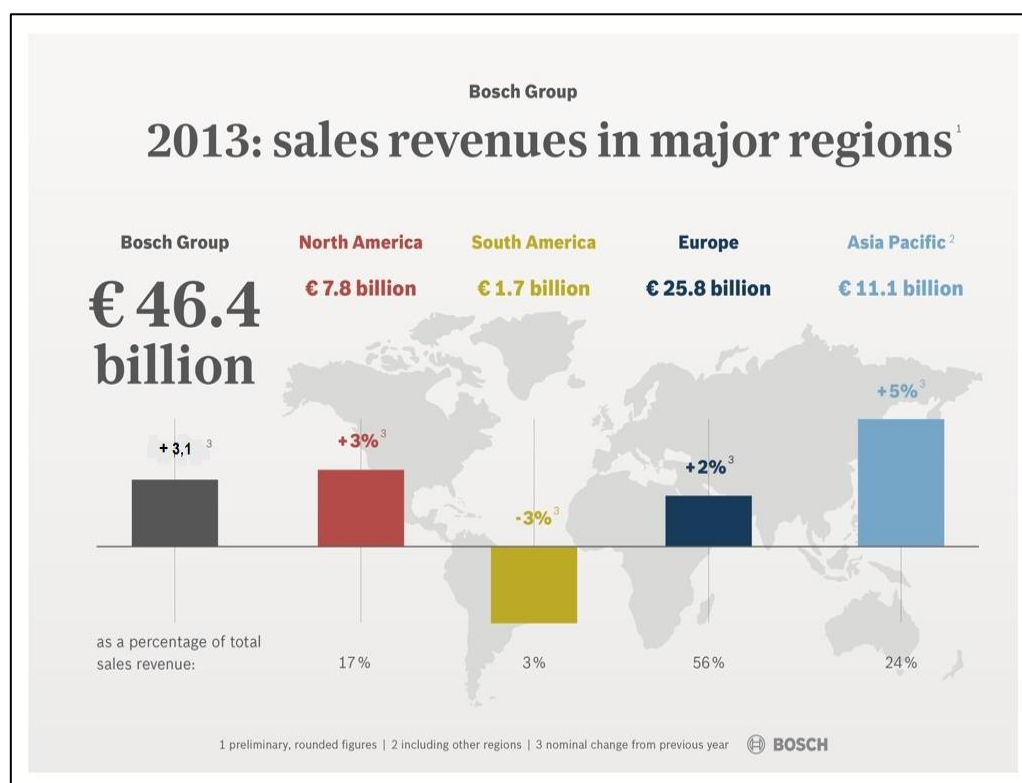


Figura 3. Fatturato ripartito per area geografica (www.bosch.com, 2014)

La crescita è stata superiore alla media nell'area Asia-Pacifico, zona in cui sono previsti ulteriori investimenti e dove l'azienda punta a raddoppiare i numeri attuali entro la fine del decennio. Ad oggi, tuttavia, oltre il 50% del fatturato viene realizzato in Europa.

Tutto ciò ha condotto ad una crescita anche nel numero di dipendenti: l'organico Bosch nel mondo si aggira intorno ai 281.000 dipendenti, di cui circa 45.000 (16%) si occupano di ricerca. Vista l'elevata dinamicità di competenze e know-how richiesta dai settori di business in cui l'azienda si trova a competere, infatti, possedere un forte reparto di Ricerca & Sviluppo (R&S) costituisce per Bosch un punto chiave. L'ampio spettro di attività e di applicazioni dei prodotti Bosch permette di poter usufruire di fenomeni di cross-fertilizzazione tra divisioni o addirittura settori diversi.

È proprio il successo del settore R&S ad avere portato Bosch all'eccellenza nel mondo: basti pensare che nei vari centri di ricerca che possiede tra Europa, Asia e America la società registra in media 20 brevetti al giorno (5.000 all'anno).

Tutti questi sforzi di coordinazione non sarebbero né possibili né efficaci senza investimenti adeguati e crescenti, come dimostra la Figura 4: nel 2013 4,5 miliardi di euro sono stati destinati alla ricerca, ed osservando il trend il dato sembra destinato a crescere ulteriormente.

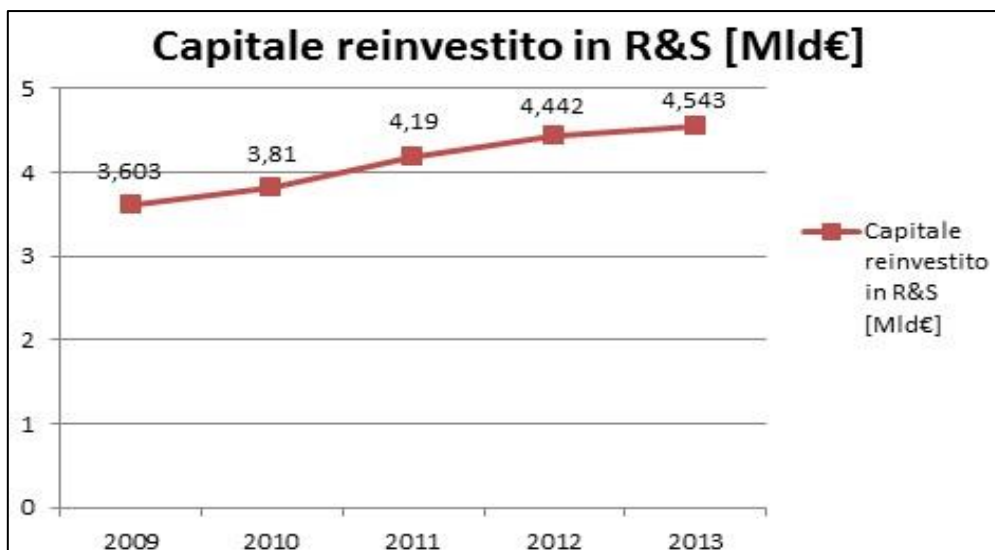


Figura 4. Investimenti in R&S tra il 2009 ed il 2013 [Mld€]

Business Sectors

Il gruppo Bosch attualmente suddivide le proprie attività in quattro macro settori:

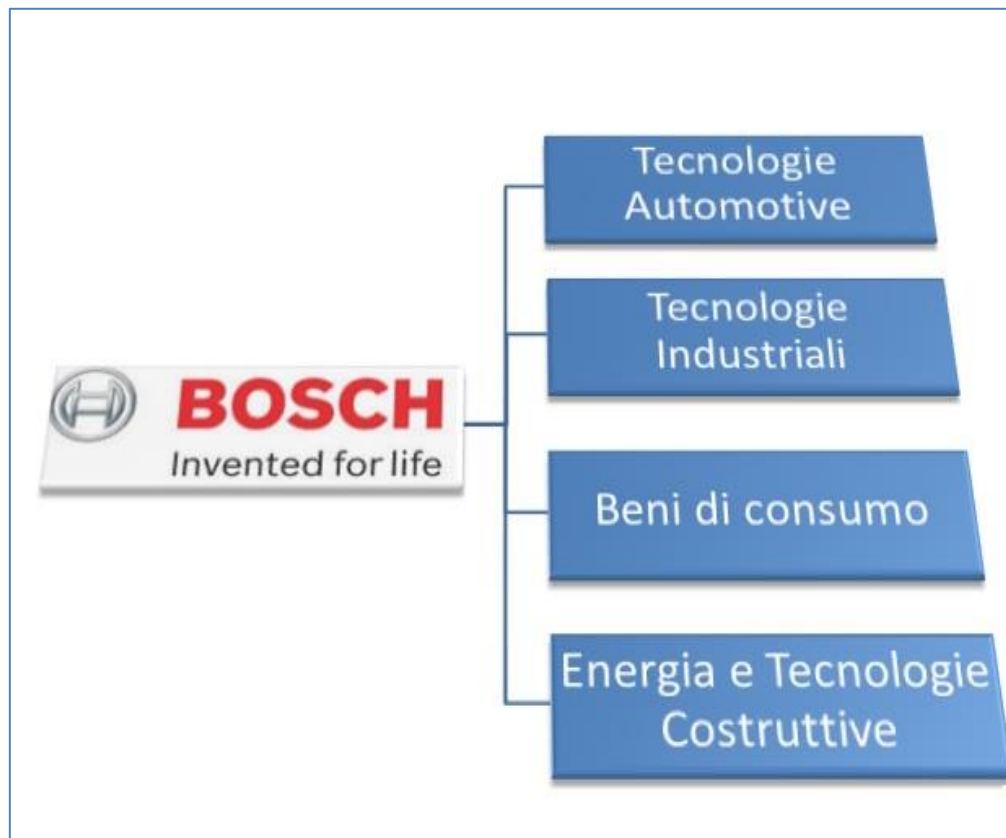


Figura 5. Business Sectors Gruppo Bosch

1) Tecnologie Automotive

Attualmente Bosch è il più grande fornitore al mondo di componenti per autoveicoli, e due terzi del fatturato dell'intero Gruppo provengono da forniture legate al mondo automotive.

La gamma proposta risulta estremamente ampia e differenziata, al punto da rendere necessaria un'ulteriore categorizzazione a seconda del campo specifico.

Questo macro settore è composto dalle seguenti Divisions:

- Gasoline Systems
- Diesel Systems
- Chassis Systems Control
- Electrical Drives
- Starter Motors and Generators
- Car Multimedia
- Automotive Electronics
- Automotive Aftermarket
- Steering Systems

2) **Tecnologie Industriali**: settore fortemente Business to Business, fornisce tecnologie ed applicazioni da utilizzare in campo industriale a sostegno della produzione. A seconda della tipologia di tecnologia offerta, si divide in:

- Drive and Control Technology: attraverso il brand Rexroth, Bosch offre soluzioni di automazione industriale, movimentazione, azionamento e controllo di impianti e macchine operatrici mobili, con particolare riguardo all'utilizzo delle energie rinnovabili.
- Packaging Technology: tecniche per l'imballaggio, in particolare in campo alimentare e farmaceutico.

3) **Beni di Consumo**: settore più prossimo a clientela di tipo retail rispetto agli altri, si compone di due divisioni:

- Power tools: elettroattrezzi, strumenti ed utensili portatili;
- Household appliances: elettrodomestici.

Relativamente alla divisione Elettrodomestici, è recente l'ufficialità di un accordo storico raggiunto tra Bosch e Siemens.

Lo scorso 21 settembre 2014 le due multinazionali hanno firmato un accordo per cui la joint venture paritetica BSH diventerà una società 100% Bosch.

BSH, joint venture tra Siemens e Bosch a partire dal 1967, è diventata nel corso degli anni il maggior produttore europeo di elettrodomestici nonché leader mondiale nel campo, con un fatturato pari a circa 10,5 miliardi di euro nel 2013 e oltre 50.000 dipendenti in tutto il mondo. L'acquisizione, che prevede un prezzo di acquisto di 3 miliardi di euro, è al momento sottoposta all'approvazione delle autorità antitrust.

4) Energia e Tecnologie Costruttive: si occupa dell'installazione ad ampio raggio di sistemi per la generazione di energia o per la sicurezza.

Comprende tre divisioni:

- Termotecnica: sistemi di riscaldamento, riscaldatori di acqua, termoregolazione;
- Security Systems: sistemi di videosorveglianza, antintrusione, avvisatori ottici e sirene, sistemi di controllo d'accesso, rilevazione incendi, sistemi di comunicazione audio;
- Solar Energy: pompe di calore, sistemi di accumulo, inverter, sistemi di cogenerazione.

A cavallo tra 2013 e 2014 si è concretizzata la definitiva uscita di Bosch dal business del fotovoltaico cristallino, a causa di ingenti perdite subite nel corso degli ultimi anni. Questa attività di dismissione ha ovviamente causato perdite straordinarie (circa 1,3 miliardi di euro) che hanno fortemente condizionato il risultato del settore nell'ultimo biennio.

Al netto di ciò, in ogni caso, il settore mostra ampi segnali di crescita ed un complessivo aumento nel fatturato, attestatosi a 4,8 miliardi di euro.

In particolare, a trainare il risultato positivo è stata la divisione Termotecnica.

Obiettivi e sviluppi futuri

Gli indicatori Bosch rivelano che la strada di crescita attualmente intrapresa dal gruppo è in linea per raggiungere gli obiettivi finanziari di lungo termine che la stessa si è posta.

Il margine EBIT 2013 si è mostrato in crescita rispetto all'anno precedente, e le proiezioni sul 2014 e 2015 confermano il trend: escludendo le perdite straordinarie causate dall'uscita dal business del fotovoltaico cristallino, l'EBIT 2014 raggiunge il 6% circa, non distante dall'obiettivo dichiarato dell'8% stabilito per gli anni a venire.

La possibilità di raggiungere fattivamente tali ambiziosi traguardi passa prima di tutto attraverso la capacità di Bosch di ascoltare, assecondare, e quando possibile anticipare proattivamente i nuovi bisogni e le nuove tendenze del mercato. In questo senso, primo fra tutti i sentieri da battere è lo sviluppo di nuove applicazioni e servizi basati su Internet e sulla microelettronica.

L'azienda è già leader di mercato a livello mondiale nel campo dei sensori micromeccanici (MEMS), una tecnologia alla base dell'Internet delle cose.

Nel 2013 un miliardo di sensori sono stati prodotti da Bosch, e nell'anno corrente si stima un aumento in corso di circa il 30%. Questi sensori rappresentano un fondamentale elemento del futuro progresso tecnologico e consentiranno di realizzare una nuova forma di assistenza tecnica nella vita quotidiana, che si parli di guida automatica o di casa intelligente.

Sensori "intelligenti" di questo tipo rappresentano il primo passo verso la guida del futuro.

Sensori radar, video e a ultrasuoni sono e saranno sempre di più introdotti a supporto del guidatore: entro il 2020 Bosch punta a realizzare la guida automatica a velocità più elevate.

Il 17 settembre 2014 Robert Bosch GmbH e ZF Friedrichshafen AG hanno ratificato lo storico accordo che sancisce l'acquisizione totale da parte di Bosch di ZFLS, fino ad allora una joint venture paritetica tra le due partecipanti. L'azienda, che fa parte della divisione Steering Systems ed è attualmente leader nel settore dei sistemi sterzanti alimentati elettricamente, può contare su oltre 13.000 collaboratori in 8 Paesi, ed ha ottenuto nel 2013 un fatturato record di circa 4,1 miliardi di euro. L'acquisizione è da considerarsi strategicamente fondamentale in chiave futura, in quanto sistemi sterzanti di questo tipo rappresentano una tecnologia indispensabile per la guida automatizzata ed offrono elevato potenziale di riduzione dei consumi.

Altro trend che Bosch intende assecondare e coltivare è la crescente richiesta di connettività e la possibilità di trasferire dati wireless dall'autoveicolo.

Tutto ciò mostra come il gigante tedesco stia lavorando intensamente alla mobilità del futuro, che sarà elettrica, automatica e connessa.

Oltre all'apertura di nuovi segmenti di mercato, la strategia di sviluppo dell'azienda passa immancabilmente attraverso una maggiore presenza nelle aree in via di sviluppo, in particolare in Asia, dove forti investimenti andranno ad aumentare fatturato e dimensioni.

Dal 2010 al 2014 Bosch ha investito circa 3,3 miliardi di euro nella regione, e l'obiettivo è quello di raddoppiare il proprio fatturato sia in questa area sia nelle Americhe, come dimostrato dalla recente apertura di un nuovo centro a Guadalajara, in Messico.

Sono di quest'anno passi verso una maggiore presenza dell'azienda anche nel continente africano. Tutto ciò genererà indubbiamente la possibilità di nuovi business e prodotti/servizi incentrati sulle esigenze della clientela locale, ma porterà inevitabilmente anche ad un notevole aumento della complessità della gestione delle supply chain.

1.3. Bosch in Italia

La presenza sul territorio

Nel nostro Paese il gigante tedesco è presente da 110 anni e conta attualmente 19 società, 4 centri di ricerca e circa 6.000 collaboratori: il suo fatturato supera gli 1,7 miliardi di euro.

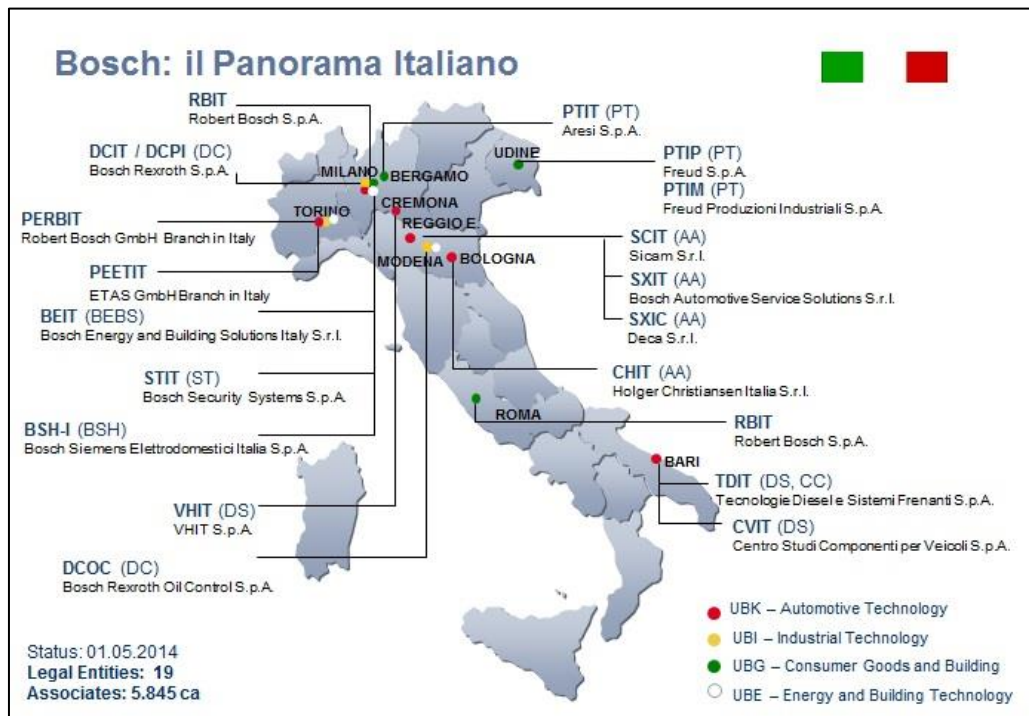


Figura 6. Sedi Bosch in Italia (Bosch VHIT, 2014)

Numeri ed attualità

Il 2014 ha mostrato segnali positivi per Bosch non solo a livello globale: la crescita ha riguardato anche le affiliate Bosch sul territorio italiano.

Il primo trimestre 2014 si è chiuso positivamente, con una crescita del 15% sul 2013, nonostante la situazione statica nei mercati di riferimento: tale risultato è stato raggiunto principalmente grazie all'export.

Recenti investimenti sono stati effettuati nel settore di business Energia e Tecnologie costruttive, che hanno portato all'ingresso di due nuove consociate che offrono prodotti e servizi per l'efficienza energetica: a fronte di ciò, è attesa una crescita stimata attorno all'8%.

Il settore chiave di Bosch in Italia resta però l'Automotive: il settore ha registrato una crescita del proprio volume di affari, nonostante una generale riduzione del mercato auto. Oggi vale il 60% del fatturato di Bosch Italia.

La divisione Gasoline Systems dovrebbe espandersi nel futuro prossimo grazie allo sviluppo di nuovi progetti e forniture con colossi del calibro di Chrysler e Fiat, mentre l'andamento positivo della divisione Diesel Systems è attribuibile a due ragioni: volumi di vendita in crescita nel settore macchine agricole, ed una inaspettata crescita nelle richieste di automobili con motori diesel sul mercato americano, da sempre piuttosto restio al riguardo. Per quanto riguarda la divisione Automotive Aftermarket, la nuova rete di officine a marchio AutoCrew, nata a fine 2012, ha conosciuto una buona crescita fino a raggiungere attualmente le circa 100 officine aderenti, con l'obiettivo di superare quota 170 entro l'anno corrente.

Stabili i Beni di consumo, mentre per quanto riguarda Energia e Tecnologie costruttive, oltre alle già menzionate grandi opportunità di crescita circa la gestione ottimizzata dell'energia dei grandi stabilimenti, nel 2013 la divisione Bosch Security Systems ha fornito alla nuova linea metropolitana M5 di Milano, (13 km, 19 stazioni, 60 milioni di passeggeri l'anno), i sistemi di video sorveglianza e audio, con positivi effetti a cascata anche sul 2014.

1.4. Bosch VHIT S.p.A.: la sede di Offanengo (CR)

Il presente lavoro è stato svolto all'interno di VHIT S.p.A. (Vacuum & Hydraulic products Italy), società industriale con sede ad Offanengo (CR) facente parte del Gruppo Bosch, settore Automotive, divisione Diesel Systems.



Figura 7. Vista esterna di VHIT e dettaglio dell'ingresso

La società opera nel campo della generazione del vuoto e in campo idraulico, con prodotti destinati al mercato automobilistico mondiale.

La principale attività dell'azienda è rappresentata dallo sviluppo di pompe del vuoto, componenti che vengono montati su motori con tecnologia diesel: per tale prodotto la sede rappresenta il centro di competenza mondiale per Bosch.

Nello stabilimento di Offanengo sono occupati circa 500 collaboratori. VHIT S.p.A. fornisce le principali case costruttrici in tutto il mondo, tra cui: Peugeot, Citroen, Volkswagen, Audi, Porsche, Daimler, Fiat, Iveco, CNH, Jeep, Chrysler, VM Motori.

La schematizzazione dei prodotti VHIT, la loro classificazione ed i campi di applicazione sono evidenziati nelle seguenti due Figure.

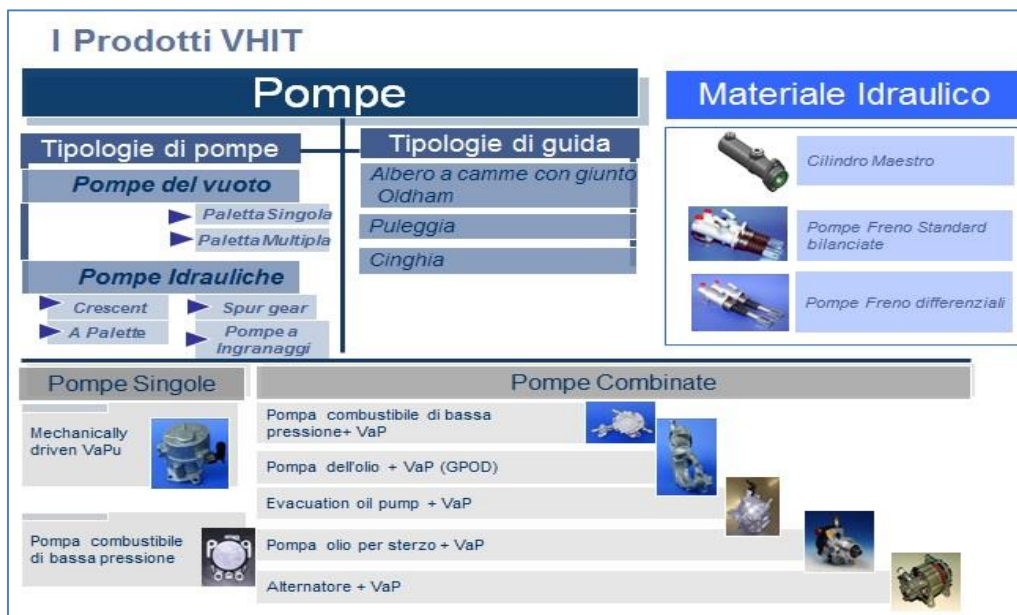


Figura 8. Classificazione prodotti VHIT (Bosch VHIT, 2014)



Figura 9. Applicazioni e campi di utilizzo prodotti VHIT (Bosch VHIT, 2014)

Storia ed organigramma

Nata a Crema come azienda a gestione familiare a fine Anni '50, l'azienda è passata attraverso diverse acquisizioni fino ad entrare nell'universo Bosch nel 1996.

Fino a questa data, l'azienda produceva e commercializzava servofreni.

Da allora grossi stravolgimenti sono stati effettuati sulla configurazione infrastrutturale e gestionale, finalizzati ad uniformare l'azienda agli standard Bosch. A questo si deve sia l'accorpamento di tutte le attività all'interno dell'attuale stabilimento di Offanengo (fino a pochi anni fa, parte della produzione proseguiva nella storica sede di Crema, mentre nella vicina Romanengo si trovava un deposito materiale di grandi dimensioni), sia la struttura dell'organigramma che prevede ai vertici due figure distinte di pari livello, una per l'area tecnica ed una per l'area commerciale.

Considerata la specificità del business all'interno del panorama Bosch (come detto, Offanengo rappresenta il centro di competenza mondiale per le pompe del vuoto), VHIT S.p.A. ha tuttavia mantenuto caratteristiche anomale all'interno del mondo della multinazionale: infatti include all'interno della stessa sede sia produzione vera e propria sia funzioni amministrative ben sviluppate, laddove la tendenza in corso è quella di separare il più possibile queste due attività.

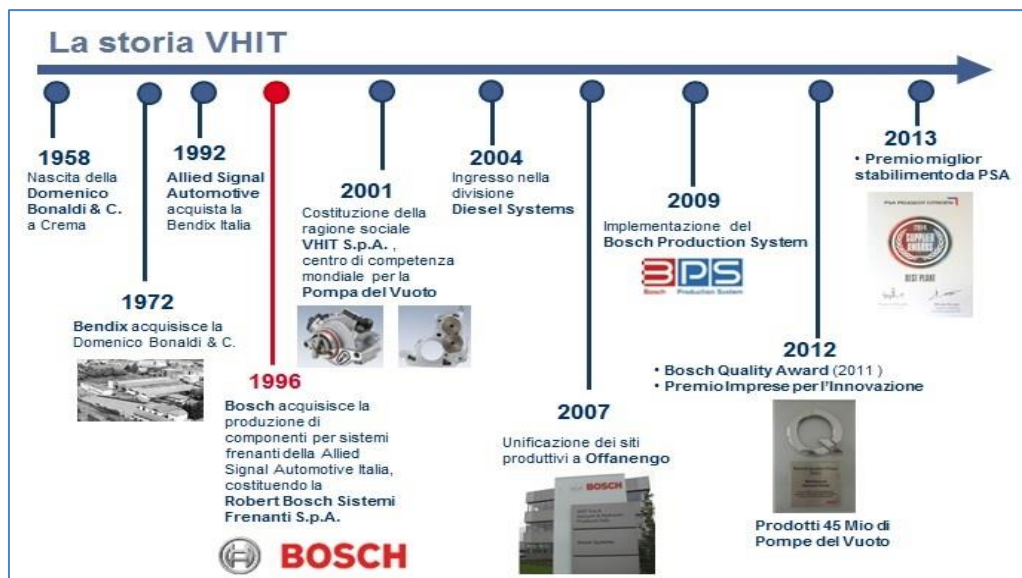


Figura 10. Storia VHIT S.p.A. (Bosch VHIT, 2014)

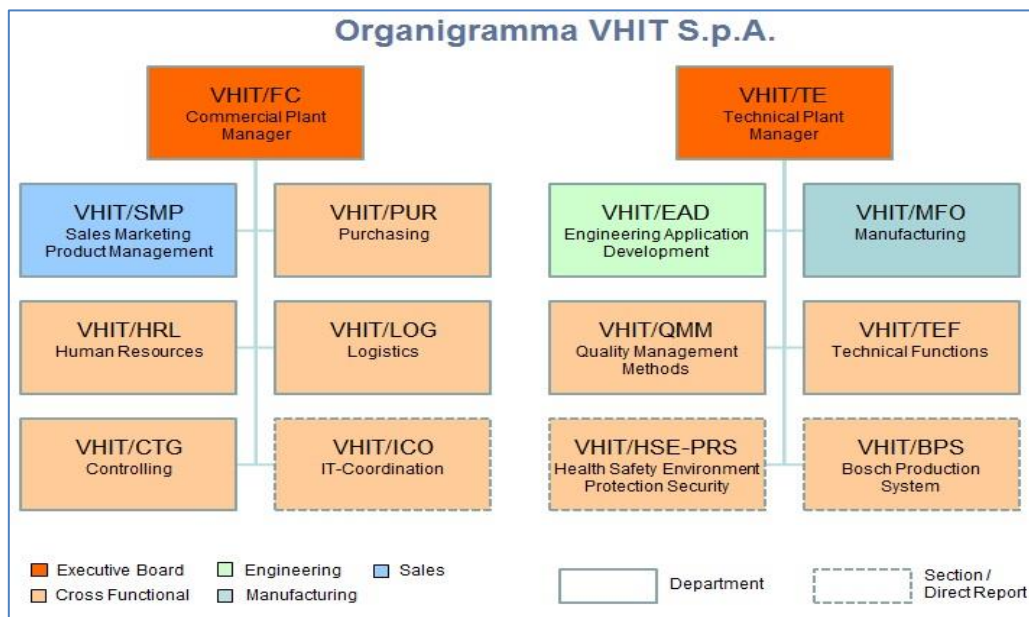


Figura 11. Struttura ed organigramma VHIT S.p.A. (Bosch VHIT, 2014)

Nell'area finanziaria/commerciale, oltre al reparto Sales Marketing, si trovano le funzioni di Logistica, IT, Acquisti, Controllo di gestione, Risorse Umane. All'ala tecnica fanno riferimento invece reparti come EAD (Engineering Application Development), Produzione, Funzioni Tecniche (TEF), Quality Management, Sicurezza e Bosch Production System: quest'ultimo è un reparto che si occupa di consulenza e supporto interni a tutte le altre funzioni aziendali.

Il dipartimento Logistica

Il lavoro d'analisi ha interessato il dipartimento Logistica (LOG). Esso è strutturato in due sotto-unità:

- LOG1 si occupa della gestione delle spedizioni, degli ordini clienti, della creazione e gestione degli ordini verso i fornitori.
- LOG3 si occupa dei magazzini interni e della gestione ed evasione degli ordini provenienti dai clienti interni: incorpora, oltre al personale d'ufficio, anche gli operatori addetti alla movimentazione fisica

all'interno dei magazzini e nei flussi produttivi (gestiti per lo più attraverso milkrun).

Il dipartimento conta circa una trentina di dipendenti, suddivisi tra impiegati ed operatori.

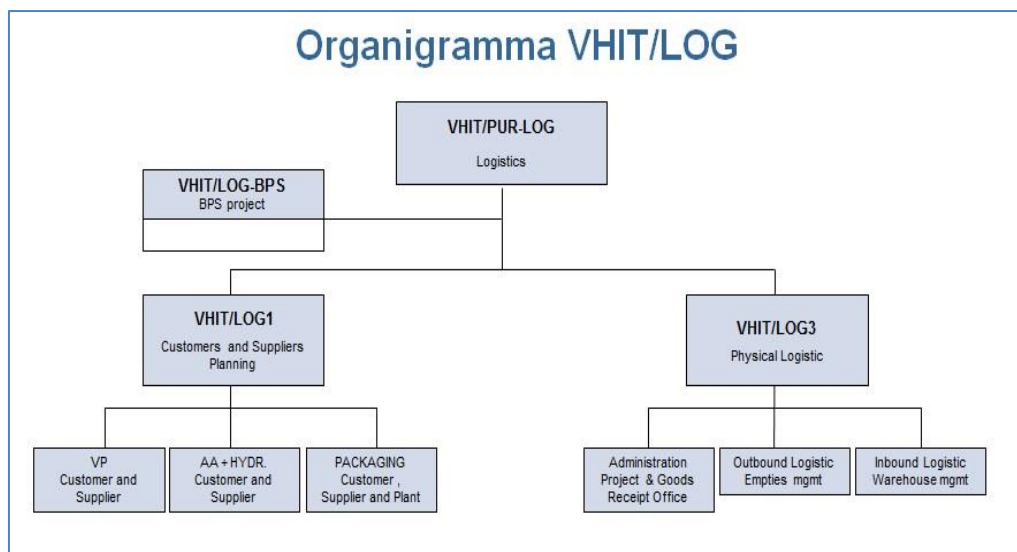


Figura 12. Struttura ed organigramma dipartimento LOG

L'obiettivo del dipartimento LOG è la costruzione di processi efficienti ed efficaci, con i quali assicurare la fornitura del corretto materiale, nella giusta quantità, nel luogo indicato, nel tempo prestabilito, cercando di massimizzare la soddisfazione del cliente sia interno che esterno. All'interno di Bosch, il focus è posto sulla progettazione e gestione di processi lean per i clienti, attraverso l'implementazione di flussi di materiali e di informazioni lungo l'intera supply chain in modo stabile, veloce e sincronizzato.

La Logistica in VHIT è qualcosa che coinvolge anche i partner della supply chain: la gestione deve dunque essere condotta in modo integrato con gli altri attori della catena del valore, al fine di creare valore comune e migliorare le prestazioni.

Con l'avvento della globalizzazione e l'aumento inevitabile delle distanze degli scambi commerciali, la logistica è area in continua evoluzione, chiamata a soddisfare standard di puntualità, qualità e servizio sempre più elevati e ad approcciarsi a sfide nuove e multidisciplinari.

La vision del dipartimento Logistica

Come detto, l'obiettivo del dipartimento LOG è la “*costruzione di processi efficienti ed efficaci, con i quali assicurare la fornitura del corretto materiale, nella giusta quantità, nel luogo indicato, nel tempo prestabilito, cercando di massimizzare la soddisfazione del cliente sia interno che esterno*” (definizione del Bosch Production System).

Per il raggiungimento di tale scopo sono state individuate quattro macro aree su cui agire:



Figura 13. Macroaree di valutazione delle performance logistiche

Con il termine *Delivery Performance* s'intende la capacità di VHIT di rispettare gli ordini di consegna ai clienti sia in termini di quantità sia in termini di tempo. Una spedizione è considerata conforme all'ordine del cliente se viene spedita nella data richiesta, con quantità uguale o superiore a quella presente nell'ordine: qualora una di queste due condizioni non sia soddisfatta, la spedizione è considerata “non conforme” e va a pesare sull'indice di performance mensile ed annuale che viene assegnato ogni anno dalla sede centrale ai vari stabilimenti Bosch d'Europa.

L'acronimo GEZ si riferisce alla capacità di gestire tutti i magazzini interni all'azienda (dal magazzino di materie prime al magazzino di prodotto finito, passando per tutti i WIP esistenti nelle fasi intermedie di produzione) con l'obiettivo di ridurre al minimo lo *stock*.

I costi di trasporto ed i costi interni corrispondono invece, intuitivamente, ai costi nati durante lo svolgimento delle attività logistiche. Ai costi di trasporto appartengono i contratti che VHIT stipula con i trasportatori, oppure i mezzi speciali che l'azienda deve organizzare per garantire la fornitura di materiale ai propri clienti.

1.5. Il BPS: Bosch Production System

Per un colosso come Bosch, può risultare oltremodo difficile mantenere nel tempo una visione ed un'identità comuni, a causa dell'infinita varietà di contesti, dimensioni ed attività che lo caratterizzano in giro per il mondo.

Tuttavia, la globalizzazione ha reso manifesta questa necessità: anche in un universo tanto dispersivo, è fondamentale essere in grado di individuare sentieri di sviluppo comuni e saper declinare i processi con lo stesso approccio, al fine di evolvere in maniera strutturata.

Per conservare ed ottimizzare le risorse in un contesto tanto complesso e dinamico e per individuare punti comuni su cui costruire un'identità radicata e sentieri di crescita integrata, sono necessarie regole e linee guida: ecco spiegato perché, sull'esempio di quanto fatto da Toyota con il Toyota Production System nel Dopoguerra, le grandi imprese tendono a sviluppare sistemi produttivi propri. Descrivendo principi e standard da applicare globalmente, assicurano una direzione condivisa per il continuo miglioramento dei processi.

Che cos'è il BPS

Il Bosch Production System è definibile come lo *“strumento per il miglioramento continuo”*.

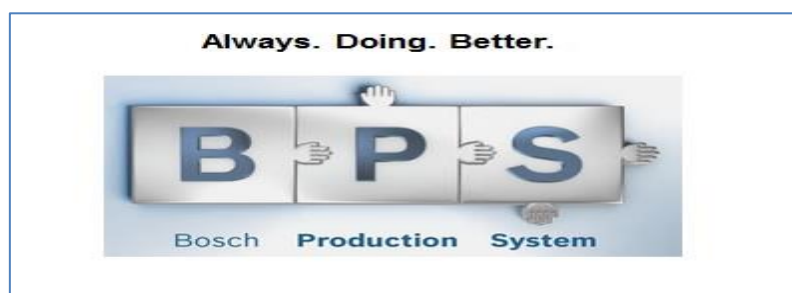


Figura 14. Logo BPS (www.bosch.com, 2014)

Attraverso la definizione di regole standard, approcci sistemici, linee guida, il BPS è lo strumento designato a configurare il sistema produttivo e la struttura non solo dell'oggi, ma anche e soprattutto del domani, individuando il percorso e l'approccio al miglioramento. Rappresenta, dunque, le modalità attraverso cui Bosch forma e supporta i dipendenti a pensare e vedere i processi all'interno di un contesto olistico, allo scopo di una produzione lean e senza sprechi.

Nato a seguito di un'indagine sulla soddisfazione dei clienti svolta nel 1999, che evidenziò feedback critici nei confronti di Bosch, il BPS è stato ufficialmente introdotto nel 2002. Gli anni successivi hanno condotto a numerosi ampliamenti ed affinamenti dei contenuti, soprattutto attraverso l'individuazione e definizione dei cosiddetti *BPS Principles* e *BPS Elements*, che saranno affrontati in seguito.

L'obiettivo perseguito è quello di abbandonare qualsiasi punto di vista dipartimentale per prendere in considerazione la Big Picture, al fine di ottenere un'ottimizzazione globale.

Per poter ottenere reali e consistenti effetti positivi sul lavoro quotidiano, tutto ciò ha bisogno di due accorgimenti: un commitment convinto da parte del management locale, che deve essere in grado di garantire la sostenibilità delle misure implementate, ed una conoscenza profonda e condivisa dei nuovi approcci da parte di tutti i livelli coinvolti, compresi i più bassi ed operativi, che devono dunque essere adeguatamente formati.

A questo proposito, fin dai primi Anni 2000, il BPS è stato inserito tra le funzioni aziendali, con finalità di supporto e consulenza a tutte gli altri dipartimenti nella gestione dei processi: in questo senso si propone come una pervasiva cultura aziendale, prima che come strumento operativo.

Vision e True North

La Vision BPS consiste nella realizzazione di una struttura di processi agile, autosostenibile e scevra da sprechi, in modo da garantire profittabilità sul lungo termine e la crescita dell'organizzazione attraverso un continuo ed incrementale miglioramento.

Nel disegnare questi processi, il Bosch Production System parte dall'ottica lean della suddivisione tra attività a valore aggiunto (Value-Adding Activities, VAA) e attività non a valore aggiunto (Non-Value-Adding Activities, NVAA).

Il criterio per decidere se esiste o meno valore aggiunto in una determinata attività è quello di assumere il punto di vista del cliente, sia esso esterno (cliente

finale) oppure interno (la stazione, o funzione aziendale, che segue nel flusso produttivo).

Per individuare meglio ogni spreco e poter attuare provvedimenti e correzioni, il BPS ripropone la classica categorizzazione dei sette tipi di spreco già teorizzata in Toyota:

- 1- Sovrapproduzione (anche produzione anticipata)
- 2- Eccessivo stock
- 3- Movimentazioni inutili di persone
- 4- Trasporti inutili di materiale
- 5- Lavorazioni non necessarie
- 6- Tempi di attesa
- 7- Difetti qualitativi

Una volta definito cosa rappresenta uno spreco, il passo successivo è una sistematica e metodica “caccia” che permetta alle attività non a valore aggiunto di essere eliminate o quantomeno minimizzate (a seconda che abbiano o meno funzione di supporto).

Ciò non è del tutto possibile: la Vision ha infatti la funzione di definire la situazione ideale, attuabile in assenza di vincoli di alcun genere.

Nella definizione dei processi, ciò si tramuta nel cosiddetto True North, cioè la direzione ideale: anche se irraggiungibile perché utopistico, il True North funge da punto di riferimento verso cui indirizzare sforzi e risorse.

All'interno del Bosch Production System, il True North per i processi di soddisfacimento ordini è definito come segue:

- 100% di valore aggiunto
- 100% di delivery performance
- Zero guasti e difetti
- One Piece Flow

L'ultimo punto comporta una serie di considerazioni estremamente stringenti: ogni pezzo deve passare solamente attraverso processi interamente value-adding fino a raggiungere il cliente finale, senza tempi di attesa, senza stock e senza logiche di lottizzazione.

È dunque ben evidente l'irraggiungibilità di una situazione simile, ma ciò non rappresenta un problema: il True North deve fornire una guida, l'obiettivo non è raggiungerlo ma arrivarvi il più vicino possibile.

Principi ed Elementi

Il Bosch Production System si basa su otto principi: essi formano la base per l'azione e la cooperazione cross-funzionale.

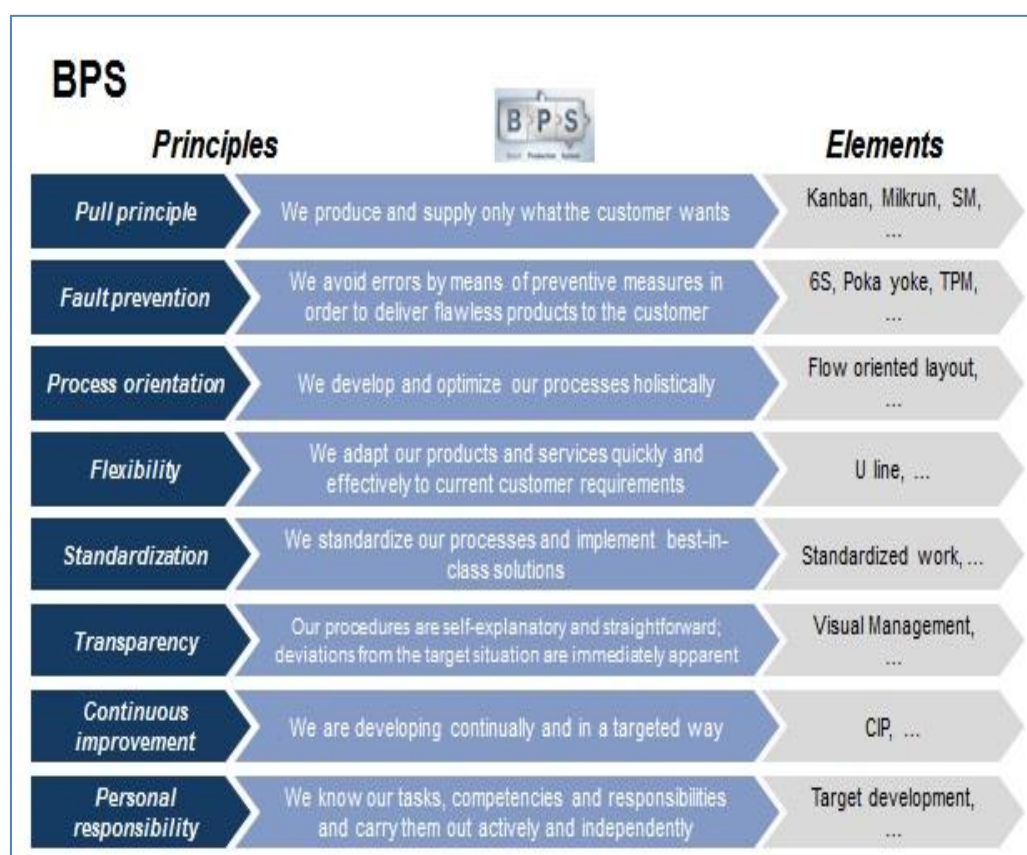


Figura 15. Principi ed Elementi BPS

- Mettere in moto la produzione solo al manifestarsi della domanda cliente (*Pull Principle*), interno o esterno che sia, è il modus operandi della filosofia *Pull*: l'obiettivo è allinearsi al Takt Time imposto dal cliente, riducendo contestualmente stock e lead time al minimo.

- *Fault Prevention* è uno dei più antichi cavalli di battaglia del Toyota Production System, dove il True North è l'ottenere zero difetti e la via per raggiungere tale situazione è "producing quality, rather than obtaining it through checks".
- Il concetto di *Process Orientation* si lega alla necessità già menzionata di guardare al sistema da un punto di vista olistico, di pensare al Value Stream globale, anziché privilegiare ottimi locali. Evidenziando il flusso, è significativamente più semplice individuare possibili spunti di miglioramento.
- *Flexibility* è un principio di grande attualità nelle aziende che devono affrontare richieste cliente di lotti sempre più piccoli, con varietà sempre più grande, in tempi sempre più stretti: questo principio comporta una lunga serie di conseguenze operative, come la ricerca dei Quick Changeovers e di flessibilità nell'organizzazione stessa del lavoro.
- La necessità di una *Standardization* è già stata menzionata precedentemente in questo lavoro, e comporta la ricerca, l'attuazione ed il monitoraggio critico delle Best-in-class solutions: senza possedere uno standard, è impossibile migliorare o poterlo dimostrare.
- Altrettanto importanti, nonché collegati al precedente, sono i concetti di *Transparency* e *Continuous Improvement*: gli standard applicati devono essere pienamente autoesplicativi e presentare specifici path di reazione da applicare in caso di deviazione/anomalia. Sulla base dell'analisi di queste deviazioni, è possibile applicare delle modifiche dinamiche allo standard, in modo da migliorare in una direzione sempre orientata all'obiettivo finale.
- L'ultimo principio (*Personal Responsibility*) richiama al senso di appartenenza e al coinvolgimento che tutti gli attori in campo devono percepire nell'attuazione di queste semplici regole.

Al netto delle linee guida, il BPS necessita di specifici strumenti e metodologie che permettano l'implementazione operativa dei principi sopra elencati: i cosiddetti *Elements*.

La conoscenza e l'applicazione di questi Elementi sono essenziali per l'implementazione del BPS, ma affinché ciò abbia successo è cruciale andare ad individuare quale di questi strumenti può realmente risultare utile all'interno dell'ambito in analisi: ciò significa che nessuno degli strumenti che stanno per

essere presentati sono di per sé completamente nuovi o garantiti a priori di successo.

Di kanban, supermarket, o della movimentazione materiale effettuata attraverso milkrun si parla diffusamente ogni qualvolta si entri in ambito lean.

Riguardo ai primi due, un approfondimento verrà affrontato all'interno del Paragrafo 2.3, in riferimento ad una problematica specifica.

Vi sono alcuni elementi che, più che strumenti operativi veri e propri, si propongono di instaurare una radicata cultura aziendale, che si candidi a motore del miglioramento: esempio classico è quello delle 5S, sviluppate da Toyota in Giappone e finalizzate a mantenere e migliorare costantemente l'ordine e la pulizia all'interno del posto di lavoro (officine, ma anche uffici). Appartiene a questa sfera anche il *Poka Yoke*, metodologia che si propone di eliminare alla radice possibili cause di errori umani involontari: installazioni scorrette, omissione di step operativi, confusione tra particolari e/o componenti da inserire, possono essere evitate attraverso semplici ma efficaci misure tecniche, sia nella fase di design sia in quella di produzione o montaggio.

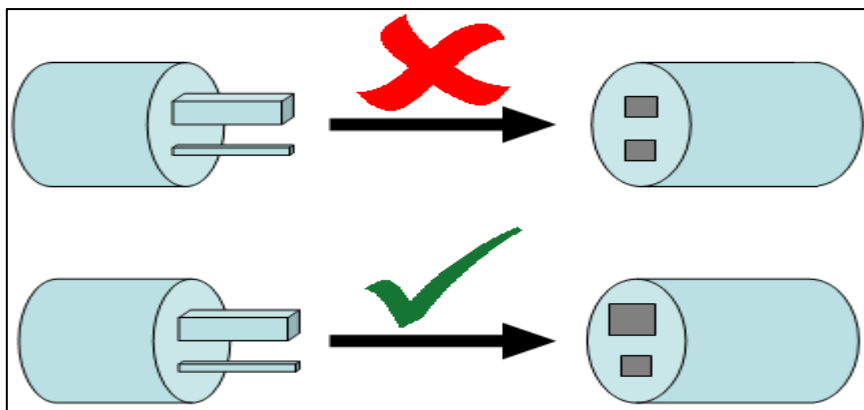


Figura 16. Esempio di Poka Yoke nel design di prodotto

Lo strumento dello *Standardized Work* si propone di standardizzare e dettagliare le attività in modo che siano costantemente svolte nella stessa modalità, sequenza di operazioni e con la stessa qualità, indipendentemente dall'esecutore e dalle circostanze esterne. In questo modo, chiunque lavori in una determinata area possiede un'informazione uniforme su come svolgere le proprie attività.

Il *Visual Management* è un elemento tipico dell'intero filone Lean. In ogni officina, magazzino o area di lavorazione, è impossibile non notare la grande

quantità di segnaletiche, tabelle di raccolta dati, segnali visivi, istruzioni operative scritte: essi traducono la gestione a vista applicata ai processi, basata sulla piena visibilità degli stati d'avanzamento dei processi fornita agli attori in tempo reale.

L'obiettivo che ci si pone è in questo senso duplice. Da un lato, un approccio di questo tipo rende viva, condivisa e tangibile l'informazione dei risultati, in modo da evidenziarne eventuali scostamenti dalle attese. La comunicazione e di conseguenza l'analisi di dati viene dunque portata sul campo in maniera diretta, favorendo l'interazione e la partecipazione anche di chi lavora fisicamente all'interno del flusso.

Dall'altro lato, inoltre, in maniera simile a quanto proposto dal Poka Yoke, il Visual Management si propone di limitare gli errori involontari, attraverso la standardizzazione della segnaletica: la postazione di lavoro deve “parlare da sola”.

KPI e gestione del miglioramento continuo: dal System CIP al Daily Management

È stato evidenziato come il *Continuous Improvement* rappresenti il fine del BPS: non è stato però enunciato come questa costante spinta verso l'ottimo venga declinata a livello di shopfloor.

Perché un sistema sia in grado di migliorare continuamente le proprie performance, è necessario poter misurare il suo stato di funzionamento attraverso grandezze opportune: in sostanza, servono indicatori in grado di descrivere la situazione attuale e la sua distanza in termini di performance dalla condizione target.

A questo proposito, Bosch ha generato un proprio KPI Tree, un sistema di indicatori a supporto del processo. Esistono tre tipologie di indicatori:

- Value Stream Key Performance Indicator Results (VS KPR): questa tipologia di KPI è la più “alta” all'interno del flusso di valore. Si tratta, in sostanza, di un dato numerico *cieco*, un indicatore macro. È paragonabile ad un sintomo, in quanto rappresenta la conseguenza visibile di cause più profonde (es. produttività);
- Monitoring KPI: necessari per monitorare il funzionamento del sistema, sono definiti per sezioni specifiche del Value Stream. Rappresentano delle grandezze “intermedie” da monitorare e sviluppare per raggiungere il target, ma non

possono essere determinati direttamente “on the floor” (es. OEE: facendo leva su di esso, posso migliorare le mie performance di produttività);

- Improvement KPI: sono misurabili direttamente sul campo, forniscono analisi e comprensione delle cause e tendono a riflettere i risultati dei miglioramenti apportati. Assumono notevole importanza in quanto fattori che influenzano direttamente i KPI di Monitoring (es. numero e durata dei guasti-macchina in un determinato orizzonte temporale: questo KPI ha un impatto diretto sull'OEE di cui sopra).

La Figura 17 evidenzia graficamente un esempio realistico di KPI Tree all'interno del mondo Bosch: sono evidenziate le tre tipologie gerarchiche di KPI.

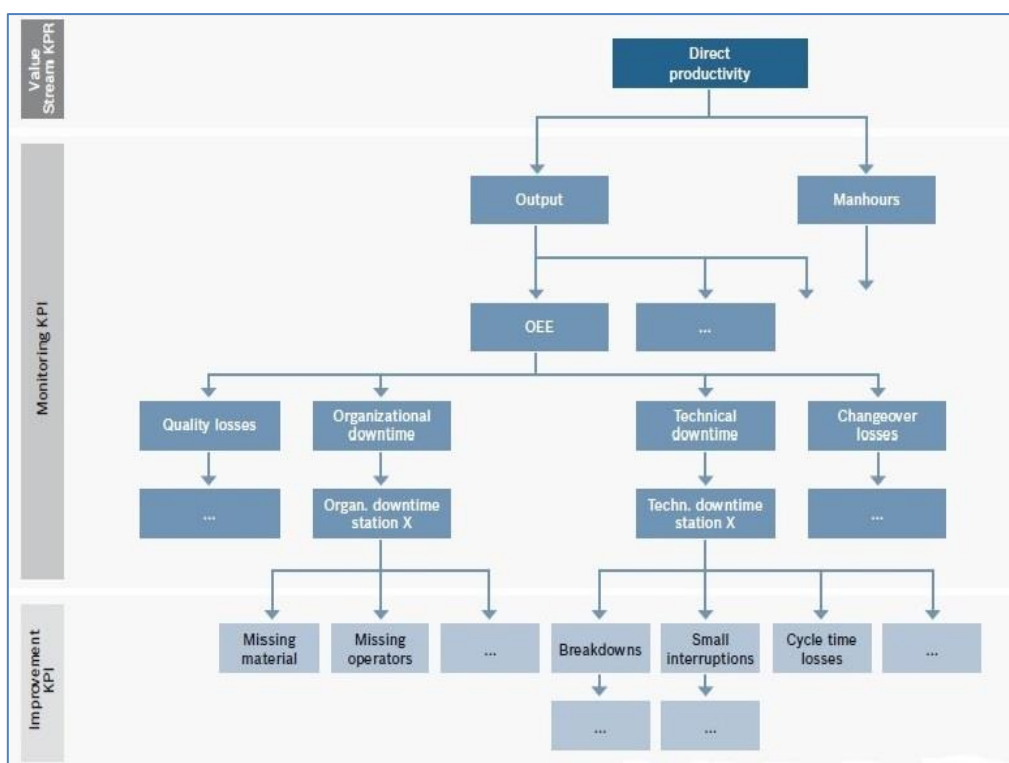


Figura 17. Esempio di KPI Tree (Bosch Production System, 2014)

La produttività diretta rappresenta il più classico dei KPR: si tratta infatti di un macro indicatore, su cui non è possibile agire in maniera diretta.

Per “lavorare” sul KPR, è necessario scomporlo nei suoi elementi costitutivi: nell'esempio riportato, si evidenzia come la produttività diretta dipenda

sostanzialmente da due parametri, l'output orario che il sistema è in grado di fornire e il monte ore lavorative che gli addetti sono in grado di dedicarvi. Già a questo livello si può parlare di KPI di monitoraggio, in quanto si tratta di dati sostanzialmente non osservabili sulla postazione di lavoro, ma che contengono una conoscenza del sistema più approfondita rispetto al KPR.

A loro volta, anche questi due parametri sono scomponibili in sottoindicatori: l'operazione può essere ripetuta fino ad ottenere grandezze misurabili in maniera diretta *on site*. Andando ad agire su questi ultimi, gli effetti si riverseranno a cascata sui livelli superiori.

È evidente, tuttavia, che per raggiungere i livelli gerarchici inferiori sia necessaria una conoscenza più approfondita del sistema.

Una volta introdotto un opportuno sistema gerarchico di indicatori che sia in grado di penetrare fino al livello operativo, si è in grado di entrare nel merito di come viene gestito l'approccio al Continuous Improvement Process (CIP) all'interno del mondo Bosch.

Il BPS System Approach è una procedura sistematica, finalizzata a migliorare i processi esistenti in maniera organizzata, spingendo ed indirizzando la loro evoluzione verso direzioni opportune e target sostenibili.

Si articola in tre livelli:

- 1- System CIP
- 2- Point CIP
- 3- Daily Management

I tre livelli sono applicati in maniera sequenziale, e composti da attività via via più specifiche con l'avanzare del processo.

Il System CIP è un brainstorming periodico, organizzato tra figure appartenenti a funzioni aziendali distinte, e dunque in grado di guardare al flusso di valore con competenze diverse: gli obiettivi sono derivare i temi su cui focalizzarsi e definire le condizioni target ed i rispettivi progetti/percorsi per raggiungere tali condizioni.

Necessaria per questa fase è un'approfondita conoscenza dei cosiddetti Business Requirements, cioè i prerequisiti che il sistema produttivo deve essere in grado di soddisfare: si tratta di prerequisiti sia interni (strategia dello stabilimento o della division, vision aziendale, possibilità di budget, allocazione delle risorse, produttività), che esterni (benchmarking e comportamento dei competitor, evoluzione del mercato, richieste e comportamento dei clienti).

La situazione AS IS viene esaminata al fine di determinare se e quanto tali Requirements vengano rispecchiati dall'attuale configurazione: da qui, è possibile individuare i temi su cui focalizzarsi e la direzione di cambiamento desiderata.

Accade spesso che i contenuti del cambiamento fin qui delineati siano talmente ad ampio raggio che sia necessario scomporre gli obiettivi complessivi in una serie di progetti più circoscritti, i cosiddetti System CIP Project, che saranno focalizzati su problematiche puntuali.

Essi saranno affrontati in dettaglio: definita la mappatura dello Stato Iniziale e individuati gli spunti di miglioramento in accordo con l'ottica macro delineata precedentemente, uscirà in output la definizione dello Stato Target da raggiungere.

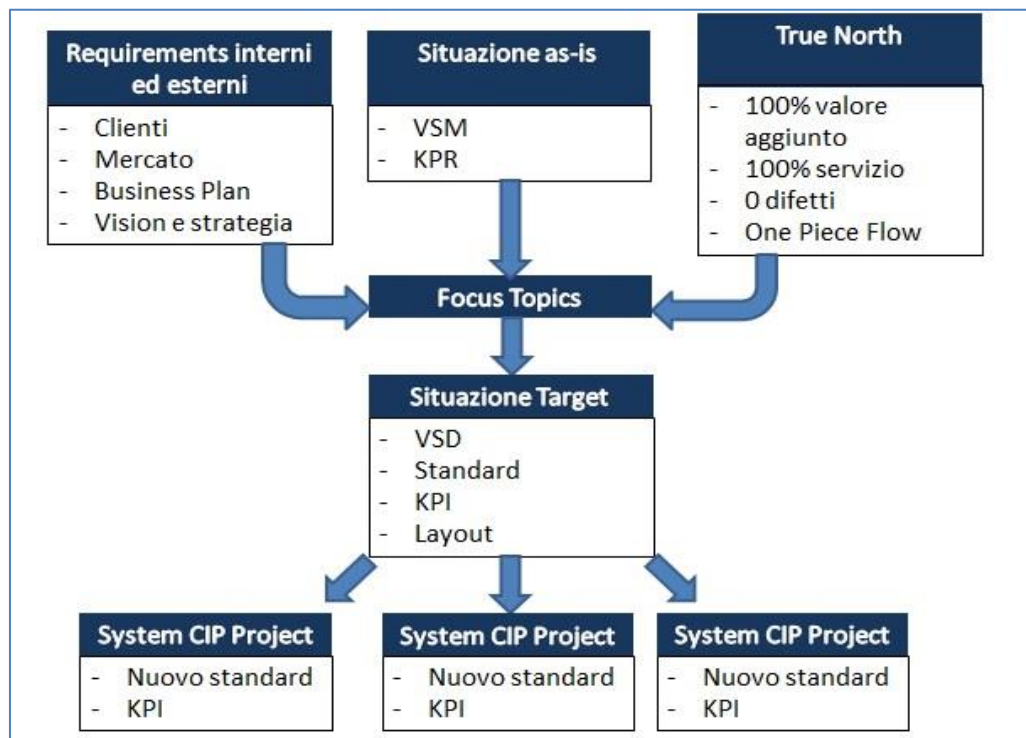


Figura 18. Struttura del System CIP

Ogni System CIP termina con la definizione del nuovo standard e la verifica della sua applicabilità. Non è infatti compito del System CIP raggiungere una stabilità di processo: ciò deve avvenire all'interno del secondo step, il Point CIP.

L'obiettivo del Point CIP è appunto quello di raggiungere standard stabili e sostenibili nel lungo termine. I valori rilevati dai Monitoring KPI selezionati non dovranno eccedere l'intervallo di accettabilità stabilito: in caso ciò succeda, è necessario svolgere indagini sulle cause delle deviazioni, e successivamente mettere in moto un efficace processo di problem solving.

Come considerare stabili ed effettivamente assimilati gli standard proposti? Per non lasciare spazio alla soggettività individuale, il BPS System Approach suggerisce in questa fase cinque elementi atti a verificare e confermare la stabilità del processo (Figura 19).



Figura 19. I 5 elementi del Point CIP

- Gli *Standards* non sono altro che i dati di input per il Point CIP: la loro fattibilità è già stata verificata nel System CIP.
- Il *Quick Reaction System* rappresenta una procedura di gestione delle deviazioni: definisce quanto rapidamente è richiesta una reazione (entro quanto reagire), il responsabile (chi reagisce) e quali sono i contenuti della reazione richiesta (quale reazione).
- Lo *Structured Communication* è lo scambio di informazioni tra le parti coinvolte (manager, manager d'area e unità operative): si tratta di

un'attività strutturata, di durata limitata e frequenza regolare. È utilizzata per definire collettivamente i contenuti della risposta alla deviazione.

- Il *Sustainable Problem Solving* indica l'elemento di ricerca ed analisi delle cause delle deviazioni, le misure da adottare e come applicarle: è possibile che questi provvedimenti vadano ad integrare o modificare gli standard. Questa attività può essere supportata da una serie di strumenti finalizzati al problem analysis e al problem solving, come il diagramma di Ishikawa, oppure la Root Cause Analysis.
- Infine, elemento chiave è la *Process Confirmation*, che raccoglie le informazioni e gli output degli altri quattro elementi e definisce lo stato di applicazione dello standard.

La conferma di processo avviene fisicamente a livello di shopfloor con scadenza periodica e si articola in due semplici operazioni: il controllo che le rilevazioni dello standard siano effettivamente soddisfacenti e la verifica che la raccolta di dati sia effettuata in maniera corretta (onde escludere "aggiustamenti" e dati incorretti, parziali o condiscendenti).

Si tratta in ogni caso di un passaggio importante, che coinvolge sia gli operatori sia i manager: i primi hanno il compito di segnalare ogni deviazione, i secondi di coordinare il lavoro di ricerca delle cause e di implementazione delle azioni correttive.

La durata del Point CIP è argomento dibattuto, in quanto il BPS System Approach non ne definisce un massimo: va tuttavia considerato che, essendo lo scopo di questa fase la stabilizzazione degli standard, i Monitoring KPI devono risultare all'interno dei limiti di variabilità accettati per un periodo di tempo sufficientemente lungo da provare la loro stabilità.

Una volta che ciò avviene, dal Point CIP si passa al Daily Management.

È infatti cruciale che gli standard rimangano stabili anche dopo la chiusura del progetto, nella gestione ordinaria lontana dalle attenzioni extra riservate ai progetti in via di sviluppo.

Lo scopo del Daily Management è quello di sostenere gli standard ed i target del flusso di valore, monitorando quotidianamente e tenendo traccia delle deviazioni rilevate sui KPI relativamente a sicurezza, qualità, livello di servizio e produttività.

La gestione delle deviazioni è elemento centrale in questa fase, e viene eseguita sfruttando strumenti come PDCA o Open Point List: ogni qualvolta i limiti consentiti vengono ecceduti, ciò automaticamente innesca specifiche reazioni,

volte a supportare lo standard affinché la situazione rientri nella condizione attesa.

La fase di Daily Management può anche fungere da raccolta dati per un futuro nuovo ciclo: il loop è iterativo, ed è possibile che dall'analisi dei risultati nasca lo spunto per un nuovo System CIP.

Ecco uno schema riassuntivo delle connessioni e delle finalità dei 3 livelli del CIP:

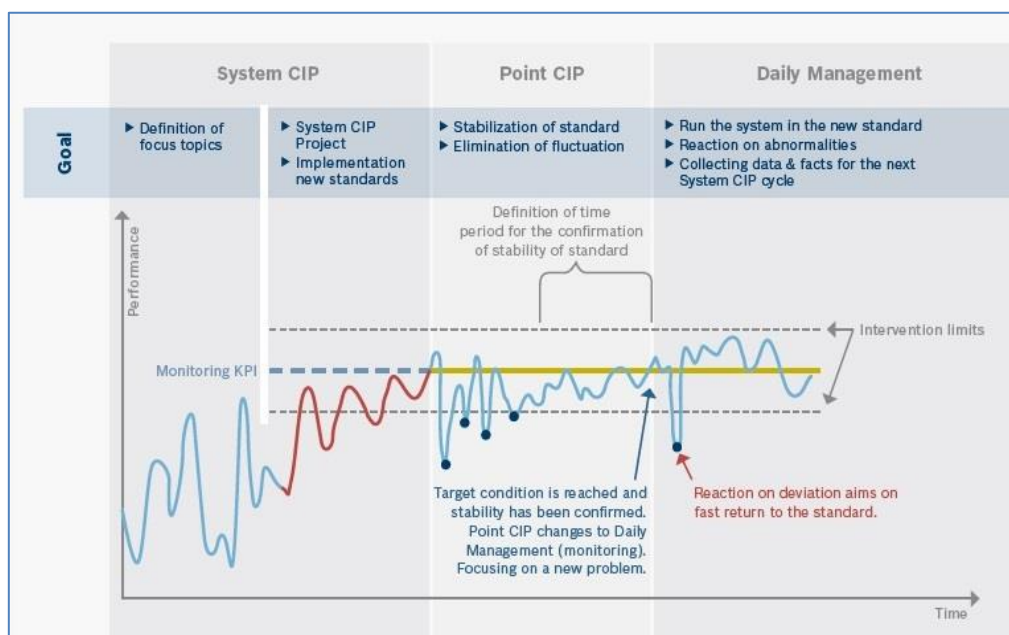


Figura 20. Continuous Improvement Process: fasi ed obiettivi (*Bosch Production System, 2014*)

Si può notare l'evoluzione delle prestazioni nel corso degli stadi di avanzamento: la situazione iniziale, all'apertura del System CIP, vede performance di basso livello e alta variabilità. Una volta definiti i contenuti e i System CIP Project, il nuovo standard viene implementato, con tanto di Target Monitoring KPI: vi è un aumento delle prestazioni, in crescita verso il raggiungimento del livello richiesto.

L'apertura del Point CIP avviene nel momento in cui le prestazioni cominciano ad oscillare attorno al valore desiderato, in reazione ai nuovi standard. I valori dei KPI vengono regolarmente monitorati, al fine di stabilizzarli (anche attraverso successive modifiche) ed eliminare le fluttuazioni: in caso di

rilevazione fuori dai limiti consentiti, si attuano specifiche attività di reazione; inoltre, la variabilità decresce.

Una volta che gli standard sono considerati stabili, si entra nel Daily Management.

Il focus viene portato sull'osservazione di nuove possibili deviazioni che si manifestano nel lungo termine a livello di interazione con altri aspetti del sistema.

Lo standard ora è in grado di camminare da solo, e, in caso se ne verificano le circostanze, può diventare la base per un futuro nuovo System CIP.

2. Contestualizzazione del progetto

L'intero lavoro è incentrato su due lean concept: cosa sia il Pacemaker (PM) e come calcolare il numero di carte kanban all'interno di un loop chiuso.

Di entrambi questi argomenti sta per essere presentata un'accurata trattazione, partendo da una breve analisi della letteratura di riferimento fino ad arrivare alla descrizione della metodologia utilizzata dal BPS.

L'ultima parte del capitolo è invece dedicata alla descrizione dell'ambiente produttivo (a livello di shopfloor) in cui il progetto è inserito.

Prima di entrare nel merito, però, di cosa abbiamo fatto, urge contestualizzare una serie di aspetti: primo fra tutti, chiarire quali obiettivi hanno mosso lo sviluppo delle attività e quali metodologie abbiamo adottato per raggiungerli.

2.1. Obiettivi e metodologie

È stato più volte sottolineato come la Lean Manufacturing abbracci e coinvolga la totalità dei processi e delle funzioni aziendali: la Logistica in Bosch VHIT, ovviamente, non fa eccezione.

Sotto la spinta costante del Bosch Production System (vedi 1.5), il dipartimento è chiamato a definire e sviluppare una serie dinamica di progetti volti al miglioramento dei processi logistici, sia interni che esterni.

Obiettivo di questo lavoro è raccontare e dettagliare passo per passo un progetto di particolare impatto per l'azienda, sviluppato nel corso del 2014 dalla collaborazione del reparto con altri enti aziendali.

Il progetto "Consumption Control: Pacemaker Movement from Assembly to Machining" è uno (probabilmente il più importante) dei System CIP Project nati a cascata dal System CIP Workshop (per il dettaglio teorico, vedi *KPI e gestione del miglioramento continuo: dal System CIP al Daily Management* KPI e gestione del miglioramento continuo: dal System CIP al Daily Management) svoltosi in VHIT ad inizio 2014 ed incentrato sul tema del controllo di produzione.

Come si evince dal nome stesso, il progetto tratta la possibilità di movimentare verso monte il processo pacemaker di un flusso produttivo, attuando contestualmente una razionalizzazione del flusso: vista l'assoluta novità di una pratica simile, la scelta di VHIT è stata quella di affrontarla attraverso un

progetto pilota, il primo di questo tipo nell'intera divisione Diesel System di Bosch.

Al dettaglio di cosa sia il processo Pacemaker (PM) all'interno di un flusso aziendale e sulle conseguenze di un eventuale spostamento della sua localizzazione, è stato riservato il paragrafo successivo (2.2): in questa fase di delineazione degli obiettivi, ci si limiterà ad anticipare che si tratta dell'unico processo presso cui entra l'informazione produttiva, e che apportarvi modifiche risulta essere operazione complessa, con conseguenze di varia natura.

Nonostante si tratti di una pratica tuttora poco comune, vari ambienti produttivi *pull* si stanno sensibilizzando ad introdurre le informazioni produttive più a monte possibile, per almeno due valide ragioni.

Prima di tutto, rappresenta lo step introduttivo verso la costruzione di una supply chain (esterna, se si guarda all'intera filiera di approvvigionamento, oppure interna, se così si interpretano le relazioni tra stazioni all'interno di un singolo sistema produttivo) perfettamente integrata, situazione ideale che ridurrebbe macro sprechi e disallineamenti di filiera.

Secondariamente, una soluzione di questo genere ha tra i principali benefici la riduzione delle scorte in process (di nuovo, per il dettaglio si rimanda al paragrafo successivo): "accorciare la coperta", in piena ottica Lean di "far emergere i problemi", può costituire la molla necessaria per ulteriori ottimizzazioni di attività, operazioni e tempistiche dell'intero flusso.

Secondo la logica BPS, ad ogni progetto va associato uno ed un unico obiettivo finale verso cui indirizzare attività e sforzi: ogni altro effetto "collaterale", anche se positivo, è da considerarsi un *side effect* ed in quanto tale va posto su un piano diverso rispetto al target principale.

In questo senso, l'obiettivo del System CIP Project è riassumibile in una riduzione complessiva delle scorte.

Il semplice enunciato dei miglioramenti attesi, però, non può essere sufficiente: definire un target numerico puntuale, per quanto complesso, è procedura necessaria (non solo all'interno del BPS) per indirizzare e monitorare il miglioramento.

A questo proposito, nella fase preliminare di definizione del progetto è stato fissato un ambizioso target pari al 40% di riduzione stock complessiva.

Questa targetizzazione iniziale andrà poi rivalutata con l'avanzamento del progetto, alla luce di eventuali elementi, vincoli o problematiche non considerati in via preliminare: il fine è quello di costruire obiettivi quantitativi sfidanti, ma al tempo stesso raggiungibili.

- **OBIETTIVO → - 40% SCORTE COMPLESSIVE**

Nello sviluppo del progetto, ci siamo avvalsi di un opportuno mix di strumenti tipici di ambienti Lean e siamo stati guidati passo dopo passo dalla costante presenza del Bosch Production System.

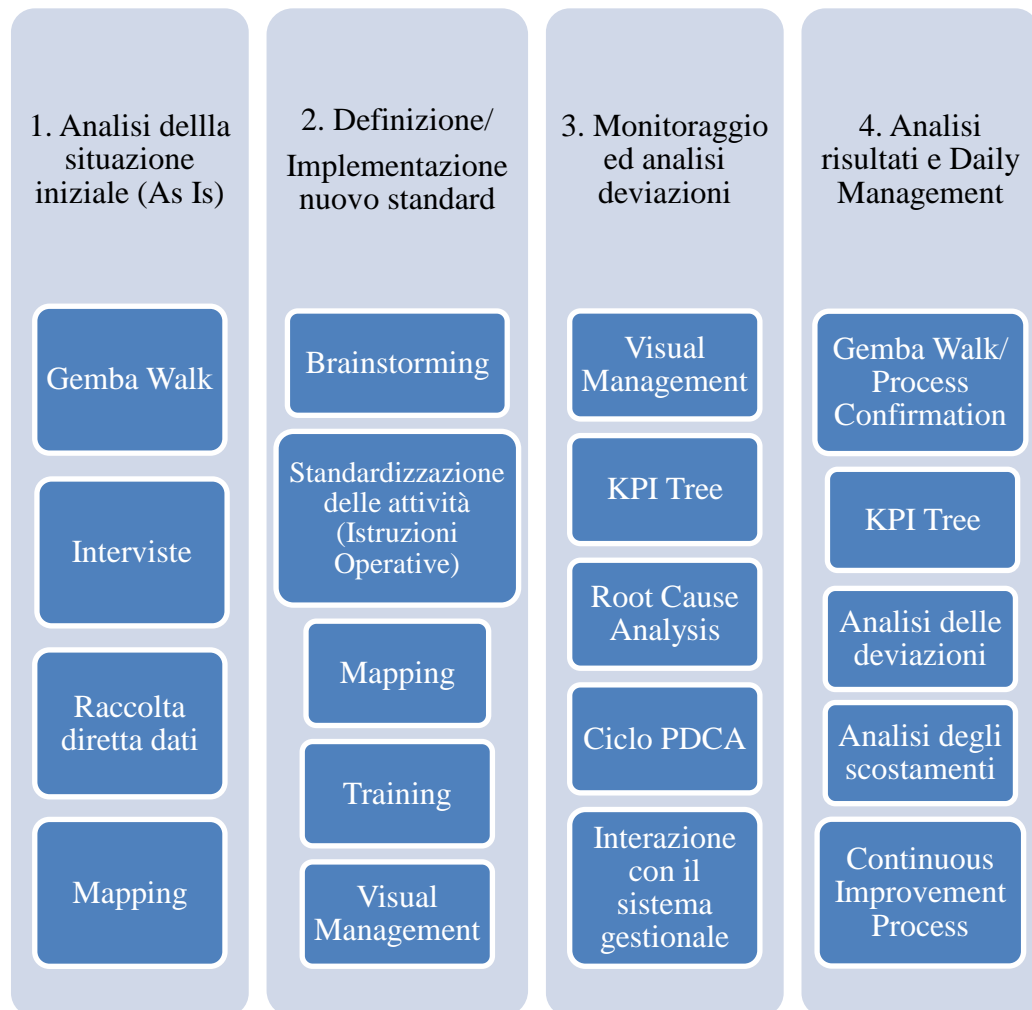


Figura 21. Metodologie e strumenti utilizzati

Lo step iniziale è stato quello di rappresentare opportunamente la situazione “*as is*” (*Initial State*), cioè prendere coscienza della realtà in campo al momento dello start.

Per comprendere i flussi, visualizzarli opportunamente e raggiungere una conoscenza approfondita delle dinamiche (tempi ciclo, tempi macchina, tempi di attesa, produttività oraria, processi e fattori esterni in grado di influenzare il flusso), il *Gemba Walk* si è dimostrato essere senza dubbio lo strumento più opportuno. Ore di attente osservazioni effettuate ad orari stratificati nell'arco della giornata lavorativa, interviste agli operatori, domande ad attori aventi preferibilmente punti di vista differenti sulle operazioni in atto, si sono rivelate attività foriere di fondamentali nozioni ed hanno contribuito a raggiungere una piena padronanza del processo. A ciò è stato necessario accostare una raccolta di dati numerici, che all'interno di questo lavoro saranno riportati in maniera ridotta e controllata, in quanto costituiscono dati aziendali sensibili.

Infine, per tradurre tutto ciò in maniera formale e rappresentare graficamente quanto osservato, abbiamo fatto ricorso allo strumento classico del Value Stream Mapping, condotto grazie al programma Visio.

La successiva fase di definizione del nuovo standard è partita dall'analisi di quanto evidenziato dall'Initial State.

Possedendo una mappatura della situazione iniziale e tenendo presente la direzione di sviluppo dettata dal System CIP Workshop che ha generato il progetto, abbiamo ipotizzato le eventuali modifiche: successivamente, ne abbiamo discusso la fattibilità e le conseguenze coinvolgendo vari attori e funzioni. Il culmine di questo lavoro è stata la redazione del Value Stream Design, raffigurante il Future State.

L'implementazione di un nuovo standard è passata attraverso la creazione di nuove Istruzioni Operative, volte a definire e standardizzare il nuovo metodo di lavoro: a tal proposito, è stato necessario svolgere un training agli operatori, rendendoli partecipi e collaborativi in quanto attori fondamentali per la riuscita del progetto. Durante l'intera fase, la metodologia del Visual Management è stata di grande supporto, soprattutto nella formazione del personale.

L'utilità di questo strumento è stata, se possibile, ulteriormente amplificata nel successivo step di monitoraggio: tabelloni di raccolta dati e di visualizzazione degli standard, segnali visivi di prevenzione errori, aree opportunamente delimitate e dedicate a specifiche funzioni hanno permesso di individuare e raccogliere tempestivamente deviazioni, anomalie o trend in corso all'interno del sistema.

È stato necessario definire un opportuno KPI Tree: questo cruscotto di indicatori ha costituito la base che successivamente ci ha permesso di individuare le

deviazioni del sistema, approfondirne le cause alla radice (Root Cause Analysis) ed eventualmente attuare modifiche strutturali volte ad eliminarle.

In questo senso, ogni proposta di modifica volta a migliorare il processo è stata valutata attraverso il Ciclo PDCA.

Ovviamente, anche livelli di analisi più “alti” e strumenti più complessi sono stati necessari: primo fra tutti, un’integrazione con i dati incamerati dal sistema gestionale SAP, che ha permesso di eseguire studi numerici circa l’andamento delle scorte nel corso dei mesi di monitoraggio.

Una volta stabilizzato ed assimilato il nuovo standard, si è aperta ufficialmente l’ultima fase: da un lato, la conduzione di analisi per valutare gli effettivi risultati ottenuti, dall’altro, un controllo sul sistema meno stringente ma pur sempre orientato ad individuare le deviazioni. In questa fase, l’effettiva assimilazione e messa in pratica del nuovo standard è stata valutata una tantum, attraverso periodiche conferme di processo eseguite fisicamente sul campo.

La raccolta dati è stata finalizzata a monitorare il sistema per individuare possibilità di ulteriori sviluppi e miglioramenti futuri, secondo il principio del Continuous Improvement.

2.2. Il processo Pacemaker: definizione, conseguenze sul flusso ed analisi della letteratura

Una delle operazioni fondamentali, nel delineare un flusso o un sistema produttivo, è individuarne i punti chiave. Essi sono sostanzialmente tre: l’ODP (Order Decoupling Point), cioè il punto di disaccoppiamento, a valle del quale la produzione è basata sugli effettivi ordini cliente; il Pacemaker (PM), cioè l’unico punto del flusso che riceve una “schedulazione” di produzione; infine, il Bottleneck o collo di bottiglia, cioè lo stadio del flusso di valore che influenza l’output del processo produttivo poiché risulta il più lento o quello con il maggior carico di lavoro.

Questi tre elementi influenzano il comportamento e le prestazioni del sistema, ed un loro opportuno setting è cruciale affinché il sistema sia performante.

In particolare, il BPS definisce il pacemaker come *“l’unico processo, all’interno del flusso di valore, che riceve l’informazione di cosa e quanto produrre. Tutti gli altri processi dipendono, si adattano e reagiscono al pacemaker”*.

Il nome deriva dal fatto che il PM detta il ritmo di produzione a tutto il resto del sistema, con un flusso regolato attraverso supermarket pull a monte e linee FIFO a valle.

In letteratura non esiste alcuna metodologia o formula per determinare l'ubicazione ideale del pacemaker, ma l'analisi di vari casi di studio, oppure una conoscenza approfondita del sistema, possono darne un'indicazione di massima a seconda delle caratteristiche strutturali e della strategia produttiva.

Prendiamo ad esempio in esame il caso Make To Stock (MTS), categoria alla quale è riconducibile la produzione delle pompe del vuoto in VHIT.

In una situazione simile, l'ODP è localizzato in corrispondenza del magazzino di Prodotto Finito, alla fine del flusso: il posizionamento del collo di bottiglia, dal canto suo, non può essere definito a priori, ma dipende dalla specifica situazione strutturale del sistema produttivo.

Da ultimo, la localizzazione del Pacemaker può variare in base non a vincoli strutturali, ma ad una precisa scelta gestionale, che comporta una serie di conseguenze che verranno approfondite tra poco.

Il lavoro di Serrano et al. (2009) ha analizzato come i tre punti chiave del flusso sviluppino interrelazioni, e quali conseguenze esse comportino sul sistema.

Ai fini di questa tesi, abbiamo preso in considerazione la sola analisi effettuata nel caso MTS: in particolare, ipotizzando fissi l'ODP a fine flusso ed il Bottleneck in un nodo "obbligato", abbiamo individuato qualitativamente quali conseguenze comportano tre diversi posizionamenti possibili del Pacemaker.

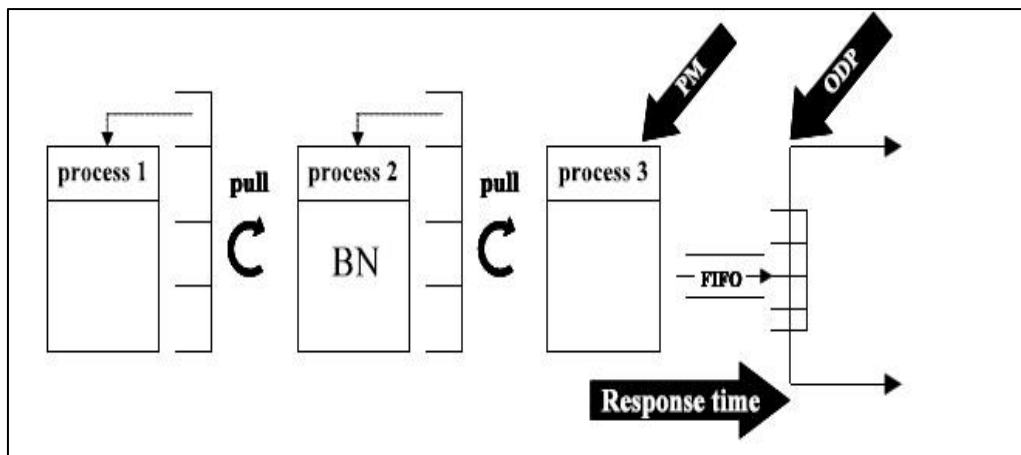


Figura 22. Caso 1: PM sull'ultimo processo (Serrano et al., 2009)

Il *Caso 1* mostra il processo Pacemaker localizzato sull'ultima stazione del flusso, subito a monte del supermarket Prodotto Finito (che rappresenta l'ODP). Si tratta, in buona sostanza, della situazione iniziale di questa tesi, prima del lancio del progetto.

In questa configurazione, il tempo di risposta del sistema risulta estremamente breve: il supermarket assorbe e soddisfa la richiesta del cliente, l'informazione arriva al Pacemaker che in tempi contenuti è in grado di rifornire il supermarket. Questo si riflette in un dimensionamento modesto del supermarket Prodotto Finito (testimoniato dalla dimensione ridotta dell'icona nella Figura 22). Diverso è il ragionamento per i supermarket di Work In Process: localizzare il PM così a valle costringe il resto del flusso a dotarsi di supermarket Pull di dimensioni rilevanti, in quanto necessitano di contenere l'intero mix.

Un'ulteriore possibile complicazione è dettata dal fatto che il collo di bottiglia (indicato con BN) si trova disaccoppiato dal punto di ingresso dell'informazione di produzione: questo da un lato potrebbe portare a trascurare erroneamente i suoi limiti di carico, mentre dall'altro potrebbe comportare, in caso di tempi di risposta del Bottleneck particolarmente lunghi, dimensioni notevoli del supermarket di disaccoppiamento tra esso ed il PM.

Abbiamo poi considerato la Figura 23, in cui il processo Pacemaker è stato spostato più a monte (*Caso 2*).

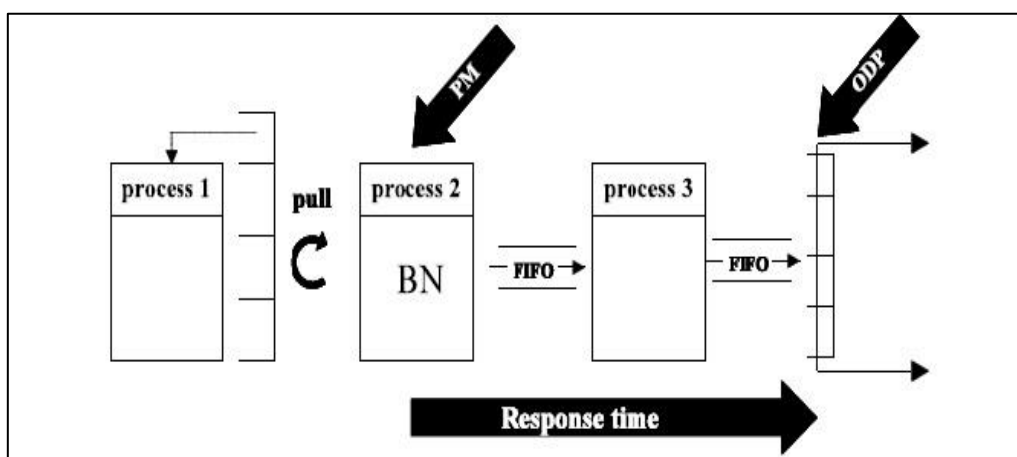


Figura 23. Caso 2: PM sul collo di bottiglia (Serrano et al., 2009)

Logicamente, il tempo di risposta del sistema è cresciuto, e questo si è immediatamente riflesso nella necessità di mantenere un supermarket PF di maggiori dimensioni.

Viceversa, lo stock *in process* risulta essere calato, in quanto i supermarket Pull sono stati rimpiazzati da linee FIFO: l'ammontare di WIP risulta perciò inevitabilmente inferiore rispetto al caso precedente.

Inoltre, la complessità di gestione del flusso è notevolmente diminuita: lavorare su prodotti che arrivano in logica FIFO è notevolmente più semplice che gestire una serie di segnali kanban come accadeva nel Caso 1.

Vi è poi un'ultima positiva conseguenza portata dal fatto che, in questo caso specifico, PM e BN hanno finito per sovrapporsi: "scheduler" la produzione sulla stazione sul collo di bottiglia significa considerare immediatamente i limiti di carico dell'intero sistema, facilitandone il monitoraggio.

L'ultimo caso considerato vede l'estremo scivolamento a monte del PM, che risulta perciò ubicato presso la prima stazione del flusso (*Caso 3*). Lo stock *in process* risulta ulteriormente ridotto, vista la presenza di sole linee FIFO: la dimensione del supermarket PF è però ulteriormente aumentata, per le ragioni già evidenziate. Il collo di bottiglia risulta essere messo a flusso con il resto del sistema, per cui si tratta di una soluzione valida solamente in assenza di grandi lotti minimi: i suoi limiti di carico devono essere opportunamente considerati al momento dell'ingresso dell'informazione di produzione.

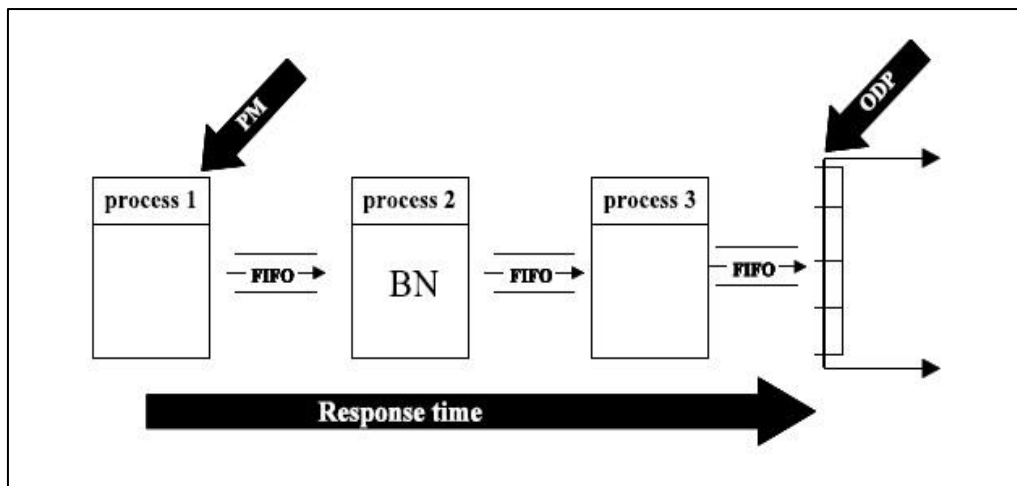


Figura 24. Caso 3: PM sul primo processo (Serrano et al., 2009)

Riassumendo quanto fatto, sono state prese in analisi tre diverse configurazioni MTS (ODP fisso a fine flusso), in cui la variabile è rappresentata dal posizionamento del processo Pacemaker.

Abbiamo notato che la sua diversa localizzazione comporta una serie di conseguenze riguardanti i seguenti aspetti:

- Tempo di risposta del sistema;
- Scorte di Prodotto Finito;
- Scorte di Work In Process;
- Presa in carico e visualizzazione dei limiti di carico;
- Semplicità gestionale e quantità di informazioni richieste.

Quanto si evince a livello qualitativo è perciò schematizzato nella Figura 25:



Figura 25. Spostamento a monte del pacemaker in un MTS: conseguenze

2.3. Calcolo carte kanban e dimensionamento supermarket: analisi della letteratura e regole

Harshitha et al. (2013) hanno definito il supermarket come uno “*shock absorber*” tra due processi che, al livello attuale, non possono essere correlati in maniera più stretta.

Il supermarket pull rappresenta a tutti gli effetti il primo passo all’interno del mondo lean.

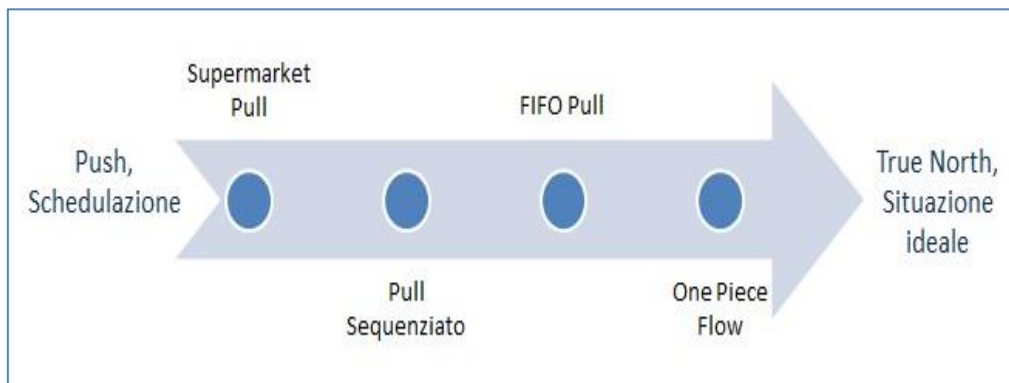


Figura 26. Stadi incrementali di penetrazione della filosofia Lean

Oltre a ciò, il supermarket è anche di gran lunga la più utilizzata.

Ciò è dovuto soprattutto all'estrema difficoltà di scalare i gradini successivi, mentre una sua implementazione presenta un relativo basso costo ed evita di stravolgere il layout fisico dell'area.

Il supermarket pull è uno strumento di protezione dalle fluttuazioni delle stazioni a valle (customer) e a monte (supplier), in modo che nessuna delle due causi problemi al flusso.

Sia il supplier che il customer influenzano il dimensionamento del supermercato, per mezzo di una serie di fattori come quelli illustrati in Figura 27.

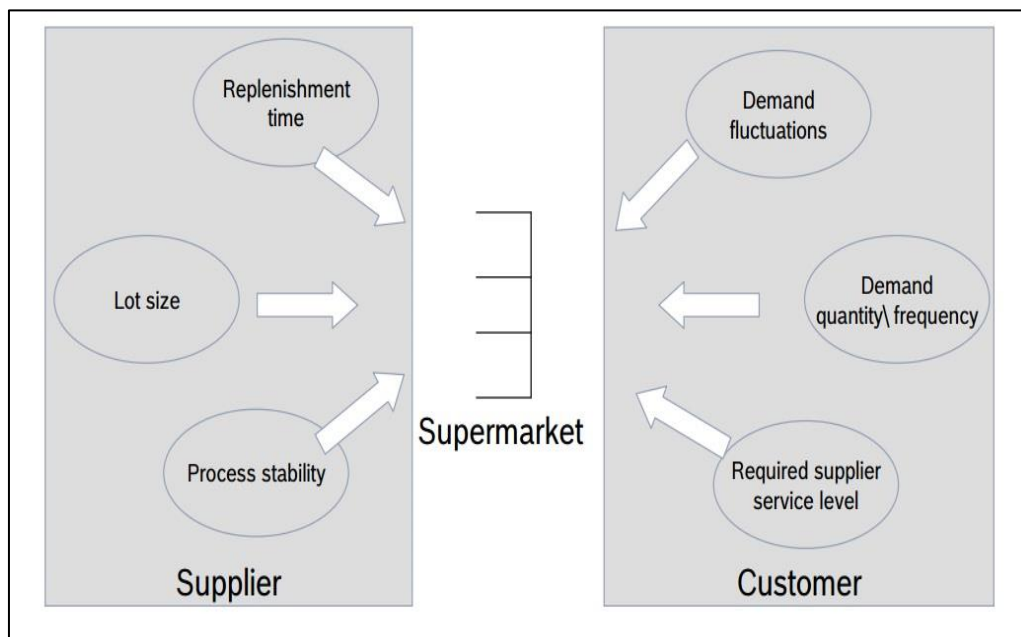


Figura 27. Fattori che influenzano il dimensionamento di un supermarket

Il riempimento di un supermarket dipende unicamente dal consumo effettivo, e lo strumento attraverso cui ciò avviene è la carta kanban.

La più immediata conseguenza è che, essendo il consumo e la movimentazione del materiale autorizzati solamente dalla presenza di opportune carte kanban, controllando il numero di carte inserite in un loop chiuso si controlla necessariamente anche l'ammontare delle scorte in quel nodo del flusso.

Ciò comporta l'esistenza di un tetto massimo alla quantità di materiale in circolazione: quando il supermarket è pieno, la stazione a monte non possiede fisicamente la carta kanban, per cui non è autorizzata a produrre.

A questo punto, appare evidente come il punto focale per avere un controllo diretto del Work In Process (e quindi per poterlo ridurre) in un determinato nodo, sia un corretto dimensionamento delle carte kanban presenti all'interno del loop di cui quel nodo fa parte.

Prima di tutto, va chiarito come si legano queste due grandezze, la dimensione del supermarket e il numero di carte kanban.

È consuetudine all'interno del mondo Bosch dimensionare fisicamente il supermarket in modo che sia in grado di contenere fino all'80% delle carte kanban del loop.

Come calcolare, dunque, il numero opportuno di kanban?

Nel corso degli anni, in letteratura sono state proposte numerose formule a questo proposito.

Shingo (1989) sosteneva che un'operazione del genere dovesse essere solamente un primo grossolano passo verso il corretto dimensionamento, assai meno importante dei miglioramenti successivi da effettuare sul sistema per cercare di ridurre il numero delle carte in circolazione: ecco perché la formula da lui proposta appare estremamente semplice.

$$K = \frac{Q + \alpha}{n} \quad (1)$$

dove K = numero delle carte kanban
Q = quantità di pezzi/lotto
 α = stock minimo di sicurezza
n = quantità di pezzi su un'unità di movimentazione.

Viceversa, la visione di Monden (1993) racchiude uno spettro di fattori più ampio:

$$K = \frac{d \cdot (t_e + t_f)}{c} * (1 + \beta) \quad (2)$$

dove K = numero delle carte kanban
d = domanda cliente nel periodo di pianificazione
te = tempo che intercorre tra il segnale di "start" produzione e l'effettivo inizio
tf = tempo necessario a lavorare un kanban di pezzi
c = quantità di pezzi per kanban
 β = fattore di sicurezza.

La formula di Monden si dimostra più completa perché include due fattori non considerati da Shingo: la domanda cliente ed i tempi di attesa in produzione. Il primo fattore è fondamentale perché conferisce dinamicità al dimensionamento: considerare la domanda cliente *all'interno di uno specifico periodo di riferimento* fa sì che alle fluttuazioni della domanda corrispondano fluttuazioni del numero di carte.

Di conseguenza, a periodi di scarsi volumi il sistema reagirebbe con un'effettiva contrazione del WIP, evitando sovrapproduzione e overstock.

Considerare i tempi di attesa è operazione importante nell'ottica del miglioramento continuo: la formula dimostra che riducendo tali tempi diminuiscono, a parità di domanda cliente, anche i kanban necessari alla produzione, con conseguenti benefici all'intero flusso.

Un approccio al dimensionamento di questo tipo può dunque rappresentare una spinta naturale ed efficace verso la riduzione delle inefficienze di sistema.

La formula proposta dal BPS e valida all'interno del mondo Bosch è la seguente:

$$K = RE + LO + WI + SA \quad (3)$$

dove K = numero carte kanban
RE = Replenishment time coverage
LO = Lot size coverage
WI = Withdrawal peak coverage
SA = Safety Time coverage.

Il numero ideale di carte dipende dunque da quattro contributi, ognuno dei quali merita un approfondimento.

1) RE copre la domanda cliente nel periodo di replenishment (RT_{loop}), nell'ipotesi che il cliente effettui dal supermarket prelievi unitari al ritmo imposto dal Takt Time, senza fluttuazioni.

In quest'ottica,

$$RE = \frac{RT_{loop}}{TT * NPK} = \frac{RT_{loop} * PR}{POT * NPK} \quad (4)$$

dove TT = Takt Time

NPK = numero di pezzi per kanban

POT = Planned Operating Time, tempo disponibile per la produzione

PR = Period Requirement, domanda cliente all'interno del periodo.

Il cliente preleva dal supermarket un kanban, composto da NPK pezzi, ogni Takt Time: RT_{loop} è il tempo che intercorre tra l'uscita dal supermarket di quella specifica carta kanban ed il suo ingresso successivo (closed loop).

È convenzione rappresentare RT_{loop} con unità di misura che siano multiple del POT.

RE serve a coprire la domanda cliente nel periodo in cui il kanban risale il flusso informativo e produttivo.

Il tempo di replenishment RT_{loop} sarà scomponibile in vari fattori, come schematizzato dalla Figura 28:

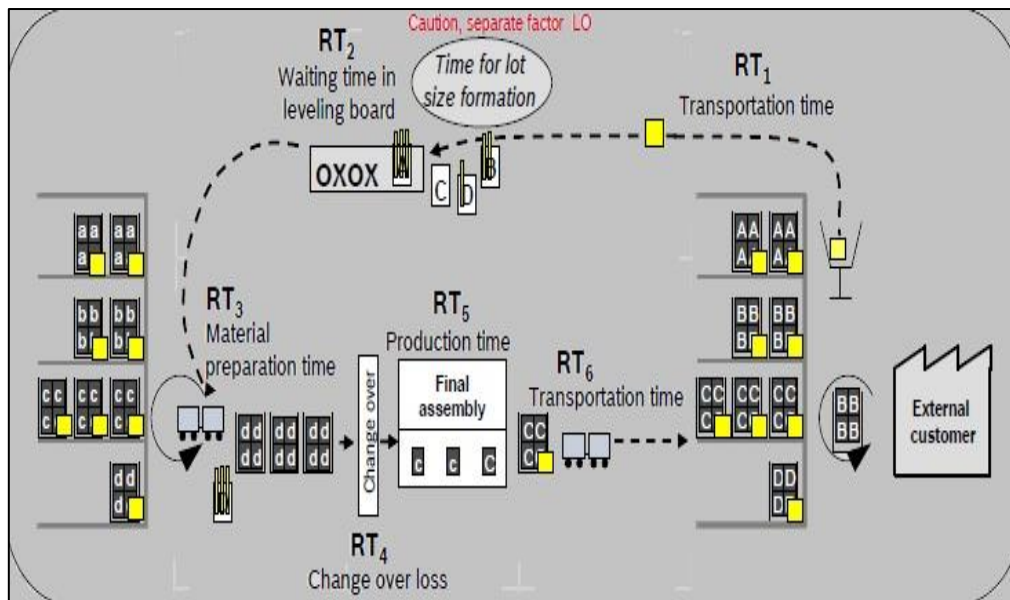


Figura 28. Scomposizione del tempo di replenishment (Bosch Production System,2014)

Dunque,

$$RT_{loop} = RT_1 + RT_2 + RT_3 + RT_4 + RT_5 + RT_6$$

RT_1 è il tempo che intercorre tra il prelievo del kanban dal supermarket ed il suo arrivo nella leveling board (se presente). Successivamente, il kanban dovrà attendere all'interno della cassetta di livellamento per un tempo RT_2 . Come sottolineato dalla scritta rossa nell'immagine precedente, nel calcolo di RE non

viene conteggiato il tempo di attesa per la formazione del lotto minimo: questo contributo finirà nel calcolo di LO (Lot Size Coverage).

RT_3 indica il tempo necessario perché il materiale sia preparato e disponibile, ad esempio tramite trasporto milkrun: a questo punto, si può verificare un'ulteriore attesa dovuta all'eventuale changeover (RT_4). I pezzi "grezzi" vengono poi lavorati in un tempo pari a RT_5 e trasportati (nell'immagine, sempre attraverso milkrun) di nuovo all'interno del supermarket di partenza in un tempo RT_6 : il kanban ha dunque fatto ritorno nella posizione di partenza.

RT_{loop} ha come unità di misura il giorno, dunque verrà arrotondato sempre all'intero superiore.

2) LO (Lot Size Coverage) corrisponde al numero di carte necessarie a coprire il tempo di attesa per formare un lotto: questo tempo rappresenta, sostanzialmente, un'estensione di RT_{loop} ed è proporzionale alla dimensione del lotto minimo.

$$LO = \frac{LS}{NPK} - 1 \quad (5)$$

dove LS = Dimensione del lotto.

Da questa espressione appare evidente come eventuali rigidità di sistema (ad esempio, lunghi changeover che si riflettono obbligatoriamente in lotti di grandi dimensioni) si traducano in un LO più grande, e dunque in un numero maggiore di carte presenti nel flusso.

3) WI (Withdrawal peak coverage) indica il numero di kanban addizionali necessari per coprire i prelievi pianificati del cliente quando essi non sono eseguiti a ritmo di Takt Time, oppure fuori dal tempo di produzione pianificato. Il WI è calcolato in funzione di WA (Withdrawal Amount), cioè il cumulato massimo pianificato come prelievo cliente all'interno del tempo di replenishment RT_{loop} , a cui va sottratto il numero di carte che sono già coperte da RE e LO.

$$WI = \frac{WA}{NPK} - RE - LO \quad (6)$$

dove WA = Withdrawal Amount, cioè il picco massimo cumulato di domanda cliente in un periodo pari a RT_{loop} all'interno dell'orizzonte temporale considerato. In caso di WI negativo, viene approssimato a 0.

4) SA (Safety time coverage) è il contributo di sicurezza, e va ad aumentare il numero di carte kanban per proteggere il sistema da imprevisti/inefficienze di tre distinte tipologie.

La formula è la seguente (7):

$$SA = SA_1 + SA_2 + SA_3 \quad (7)$$

dove SA_1 = protezione da fluttuazioni interne (output, lead time)

SA_2 = protezione da fluttuazioni nella domanda cliente

SA_3 = protezione addizionale.

Scomporre in tre addendi distinti il fattore di sicurezza SA, se da un lato può apparire una complicazione inutile, dall'altro è importante nell'ottica del miglioramento continuo: permette di scomporlo nei suoi elementi costitutivi, rendendo più semplice individuare le cause strutturali e modificarle opportunamente.

SA_1 , come detto, è l'elemento che cautela a fronte di fluttuazioni nel processo produttivo: a causa di perdita di performance, guasti o stop inattesi, scarti, riciccoli, è possibile che il sistema vada ad offrire prestazioni inferiori a quanto pianificato. Tutto ciò si traduce in un tempo di replenishment esteso, RT_{EXT} : da qui, sarà possibile individuare un WA_{EXT} , cioè il picco massimo cumulato di domanda cliente in un periodo pari a RT_{EXT} .

Ecco dunque che SA_1 si configura come segue (8):

$$SA_1 = \frac{WA_{EXT} - WA}{NPK} + \frac{WA}{NPK} * \frac{\% SCARTI E RICIRCOLI}{100} \quad (8)$$

In maniera analoga, SA_2 intende cautelare il sistema da fluttuazioni nella domanda del cliente, cioè da differenze tra domanda pianificata e domanda reale consuntiva. Queste differenze sono imputabili a ragioni quantitative (prelievi maggiori) o di tempo (prelievi in momenti diversi da quanto pianificato).

$$SA_2 = \frac{WA}{NPK} * \frac{\% DEVIAZIONI TRA PIANIFICATO E REALE}{100} \quad (9)$$

SA_3 corrisponde al numero di kanban aggiuntivi da inserire nel flusso per coprire imprevisti che non sono stati presi in considerazione in precedenza, come problemi nel flusso informativo o nella fase di start-up.

$$SA_3 = \frac{QUANTITA\ ADDIZIONALE}{NPK} \quad (10)$$

Se i primi due componenti di SA riflettono situazioni standard all'interno di un ambiente produttivo, e in ogni caso non del tutto eliminabili, quest'ultimo riguarda pure e semplici inefficienze di sistema, ragion per cui è prassi uniformarsi alla condizione $SA_3 = 0$.

Ricapitolando, la formula Bosch per il calcolo delle carte kanban è la seguente:

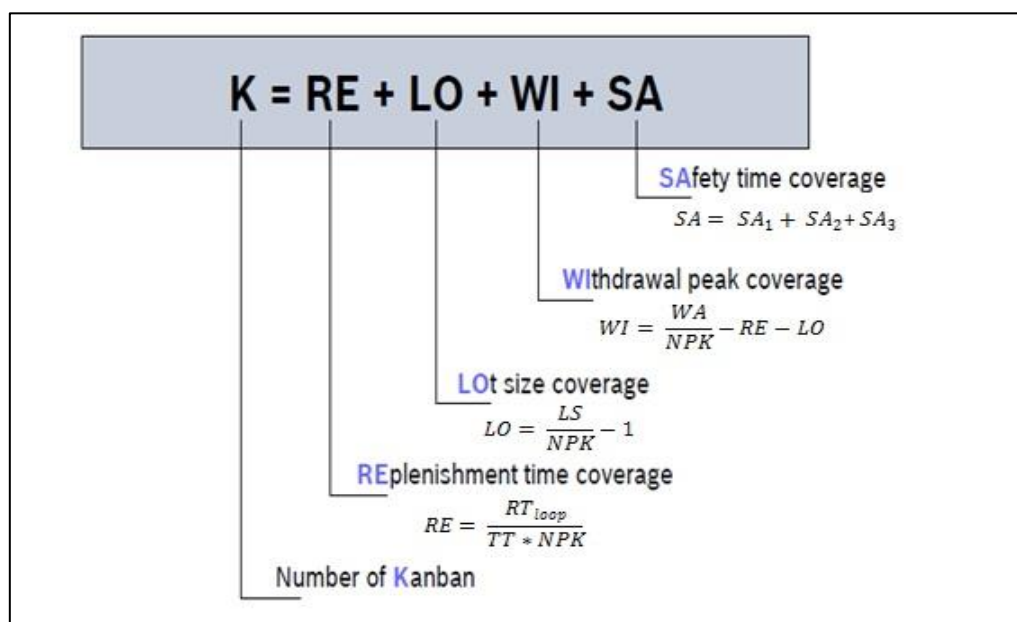


Figura 29. Calcolo carte kanban in un loop chiuso, formula Bosch

Si tratta di una metodologia standardizzata, che tiene in considerazione un ampio raggio di fattori caratteristici di un sistema pull: trattandosi di formule matematiche relativamente semplici, è fondamentale non basarsi ciecamente sul calcolo effettuato, ma mantenere attivo un monitoraggio *on site* del processo.

La metodologia proposta è stata pensata appositamente per supportare e semplificare la ricerca delle cause dei problemi, rendendo evidente il potenziale di miglioramento: di conseguenza, va considerata come un primo passo verso il dimensionamento, da affinare e modificare attraverso l'applicazione costante e regolare e l'osservazione attenta dei processi.

2.4. La configurazione produttiva in VHIT

Bosch VHIT S.p.A. ottiene circa il 90% del proprio fatturato dalla produzione e vendita di pompe del vuoto, e solamente il 10% dalla sezione idraulica.

I due settori presentano differenze notevoli non solamente nei volumi, ma anche nelle modalità con cui vengono gestiti.

Il ramo idraulico presenta richieste cliente di lotti ridotti, con rilevante ampiezza di gamma: tra pompe freno e pompe frizione, si contano oltre 65 tipologie diverse.

La situazione della produzione di pompe del vuoto è radicalmente diversa: la gamma di prodotti si stabilizza sotto le 20 tipologie, pur includendo nel conteggio pompe a bassa o bassissima rotazione, o vendute ormai unicamente come ricambi.

Questo range produttivo ristretto, unitamente ai volumi, è alla base della scelta delle caratteristiche strutturali e gestionali del sistema produttivo.

Infatti, una volta incamerato un ordine di fornitura (è evidente che nella precedente fase la pompa venga progettata a disegno, sulla base delle specifiche cliente), la modalità di risposta al mercato per questa merceologia è sostanzialmente di stampo Make To Stock: l'assemblaggio produce pallet di prodotto finito che convogliano in un supermercato dedicato.

La fase di Shipping sarà poi organizzata a partire da questo supermarket, con previsioni mensili e ritiri giornalieri.

L'area produttiva in VHIT è suddivisa in due zone distinte: l'area di lavorazioni meccaniche e quella di assemblaggio (la cosiddetta Sala Bianca).

L'area di assemblaggio è situata nell'ala più recente dello stabilimento, aggiunta posteriormente all'infrastruttura storica: gli spazi sono perciò stati pensati ad hoc per il loro scopo, ed il layout ne risulta inevitabilmente più ordinato e funzionale.

Ciò accade perché l'assemblaggio è a tutti gli effetti il core business aziendale.

La Sala Bianca presenta linee di montaggio dedicate, presso le quali tutta la componentistica necessaria convoglia a bordo di dolly su ruote o all'interno di apposite cassette.

Le linee di montaggio sono configurate nell'ottica BPS denominata Lean Line Design (LLD), che prevede le seguenti caratteristiche:

- Grado di automazione tra manuale e semiautomatico;
- Operatori abilitati a muoversi da stazione a stazione insieme al prodotto;
- Capacità della linea variabile, così come il numero di operatori al lavoro;
- Attività non cicliche (ad esempio, approvvigionamento logistico dei componenti) svolte da operatori esterni.

Le linee presentano spazi compressi e la classica forma ad U teorizzata come ottimale dal Toyota Production System.

La struttura dell'area di Machining appare invece diversa a causa di una serie di fattori, tra cui lo spazio e la necessità di condividere alcuni macchinari.

Vista infatti l'impossibilità o la mancanza di convenienza a mettere a flusso determinate operazioni, il *concept* iniziale, cioè predisporre le macchine in una linea sequenziale orientata verso la Sala Bianca, ha dovuto piegarsi ad una serie notevole di eccezioni che hanno condotto sostanzialmente ad un layout ibrido.

Per queste ragioni, l'obiettivo di limitare il più possibile le tratte di percorrenza dei materiali lungo uno stesso flusso si è rivelato arduo: ciò ha evidenziato la necessità di implementare all'interno dell'area un meccanismo di trasporto ciclico tramite milkrun.

Le aree ed i flussi di materiale

Lo stabilimento di VHIT, situato a pochi passi dall'adiacente palazzina degli uffici, è suddiviso secondo la logica illustrata nella Figura 30.

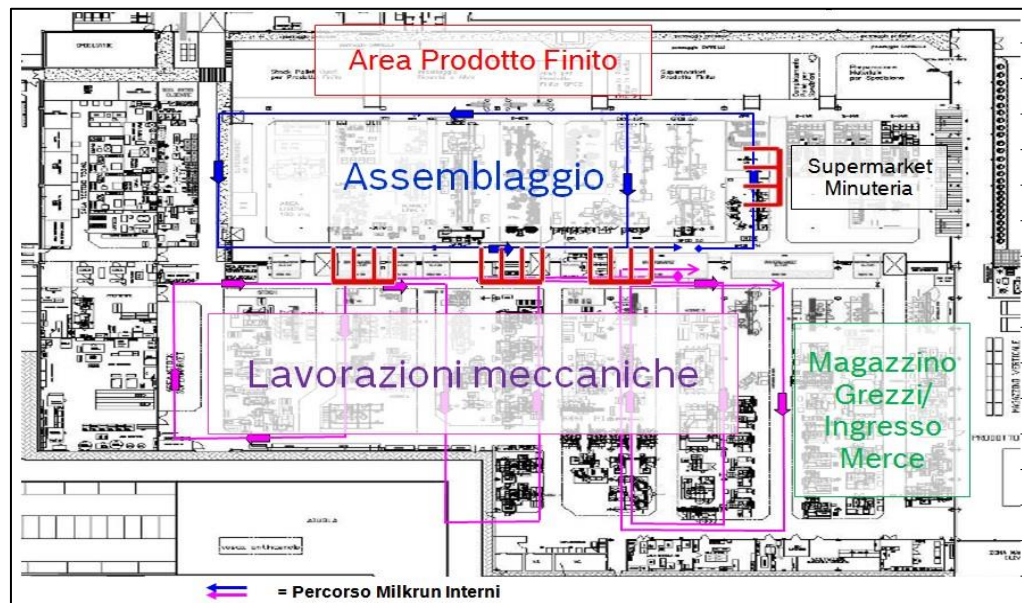


Figura 30. Piantina area produttiva VHIT

Come detto in precedenza, l'area produttiva vera e propria si articola in due macro zone, l'area delle Lavorazioni Meccaniche (evidenziata in viola) e quella dell'Assemblaggio o Sala Bianca (nell'immagine, contorni blu). Le due aree comunicano tra loro grazie ad un paio di portoni a scorrimento per il passaggio pedonale, mentre per i flussi di materiale sono stati installati una serie di supermarket a terra (in rosso nell'immagine precedente, sulla destra nella Figura 31), organizzati per corsie dedicate di componente.



Figura 31. Supermarket tra Lavorazioni Meccaniche ed Assemblaggio

La movimentazione del materiale all'interno di ognuna delle due aree è organizzata attraverso treni Milkrun, che traducono il concetto BPS della Frequent Transportation: ne esistono due, uno per area (Milkrun Blu per l'assemblaggio, Viola per il Machining). Operano a tempo fisso e quantità variabile, lungo percorsi prestabiliti e con una sequenza prestabilita di fermate. I componenti necessari all'assemblaggio che non necessitano lavorazioni (si pensi alla minuteria come tappi, guarnizioni, OR, filtri, anelli, insomma a tutto il materiale di dimensione medio-piccola acquistato esternamente già pronto per essere montato) entrano nella Sala Bianca attraverso un supermarket laterale. Quest'ultimo è organizzato in corsie a gravità: il carico del materiale avviene dal corridoio esterno alla Sala Bianca per mezzo di appositi operatori di Logistica Interna, mentre il prelievo e scarico all'interno può essere effettuato solo dall'operatore Milkrun, e solamente se in possesso di un'apposita carta kanban proveniente da una linea di montaggio a segnalazione dell'avvenuto consumo. Per quanto riguarda i grezzi da lavorare sulle macchine operatrici interne, i componenti idraulici oppure tutta la minuteria che per ragioni di spazio non è possibile ubicare nel supermarket indicato poco fa, lo stoccaggio avviene in un'area adiacente all'Accettazione, in un classico magazzino di scaffalature che può raggiungere i 6 piani di altezza (Figura 30, area delimitata in verde). Infine, l'ultima area della Figura 30 non ancora menzionata è il supermarket di prodotto finito, localizzato all'uscita dell'area di Assembly dal lato opposto

rispetto al Machining: in quest'area il prodotto arriva già all'interno dell'imballo principale (solitamente Europallet, ma esistono varie eccezioni a seconda delle dimensioni o soprattutto delle esigenze del cliente), che necessita di reggiatura. Il pallet viene posizionato su un trolley munito di ruote per la successiva movimentazione, e così immagazzinato in corsie dedicate. Generalizzando da un punto di vista macro, i flussi per categorie di componenti sono riconducibili a quanto mostra la Figura 32.



Figura 32. Flussi di materiale in area produttiva

Tutti i componenti delle pompe del vuoto (in verde) entrano nell'area di assemblaggio attraverso dei supermercati: quelli che necessitano lavorazioni transitano prima nell'area Machining per subire le operazioni necessarie, mentre i componenti di minuteria vengono caricati nell'apposito supermarket laterale provenendo direttamente dalla zona di accettazione. Una volta completato un pallet di prodotto finito (freccie blu), esso viene immagazzinato nell'apposita area, da dove al momento opportuno verrà prelevato per essere spedito.

Per il materiale idraulico esistono flussi logici e fisici parzialmente differenti, ma non saranno dettagliati perché non costituiscono argomento di approfondimento.

I componenti da movimentare, seppur fortemente disomogenei, possono essere categorizzati in due macro cluster, a seconda che debbano o meno subire internamente delle lavorazioni meccaniche. Il secondo cluster (principalmente, minuteria) circola all'interno di opportune cassette KLT. Per questo i vagoni del Milkrun Blu sono costituiti da una serie di mensole su cui appoggiare le cassette per il trasporto. Le informazioni circa il codice e la quantità contenuta nella singola cassetta sono garantite dalla presenza di un'etichetta di riconoscimento dotata di codice a barre, che l'operatore alla guida del Milkrun Blu scannerizza al momento del prelievo con un'apposita pistola collegata al sistema gestionale SAP (dichiarazione di movimentazione materiale da un'area all'altra dello stabilimento).

Il segnale che autorizza l'operatore, durante il giro, a prelevare un determinato codice da una determinata ubicazione del supermarket è il possesso di una carta kanban di trasporto, raccolta durante il giro precedente dai supermarket a bordo-linea.

Per quanto riguarda il processo, esso avviene nelle seguenti modalità.

Ogni volta che in una linea di montaggio viene esaurita una cassetta di materiale, gli operatori di linea la sostituiscono con una piena presente nel supermarket a bordo linea, staccano il kanban dalla KLT vuota e lo depositano in un apposito raccoglitore presso lo stesso supermarket. La cassetta vuota, dal canto suo, viene posizionata su un dolly, in un'area espressamente dedicata ai vuoti. Il Milkrun Blu, al suo passaggio, raccoglie le carte presenti nel raccoglitore: durante il giro successivo, preleva dal supermarket di approvvigionamento una nuova cassetta del materiale indicato dal kanban, vi attacca la carta, e lungo il tragitto deposita la KLT nel supermarket bordo linea.



Figura 33. KLT con kanban di trasporto

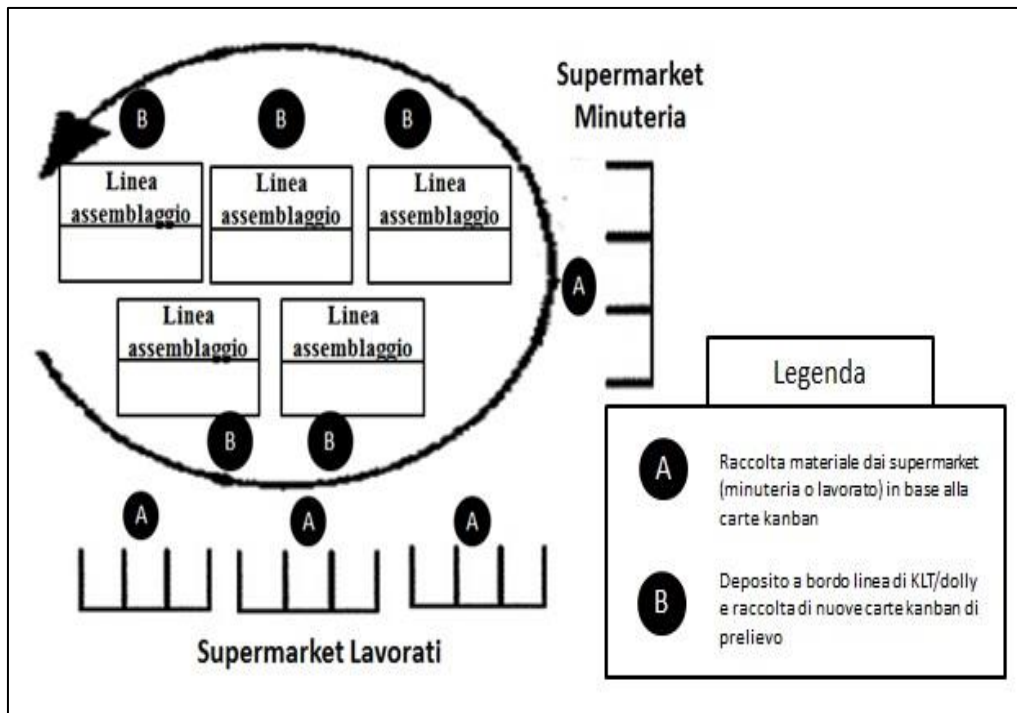


Figura 34. Struttura attività Milkrun Blu

Diversa è la situazione del Milkrun Viola, perché diversa è la movimentazione del materiale da lavorare internamente.

A tale categoria appartiene un elenco ridotto di componenti, principalmente tre: corpo, coperchio e rotore della pompa. Rispetto al cluster precedente, si tratta di componenti più grandi e dal maggior valore: per queste ragioni l'unità di movimentazione conterrà un numero notevolmente inferiore di pezzi rispetto alla minuteria della Sala Bianca (in una singola cassetta KLT, componenti come OR o boccole possono trovarsi in un numero fino anche a qualche migliaio).

Inoltre, a causa del peso e dell'ergonomia, questi componenti sono movimentati attraverso dolly su ruote, come illustrato nella fotografia sottostante.

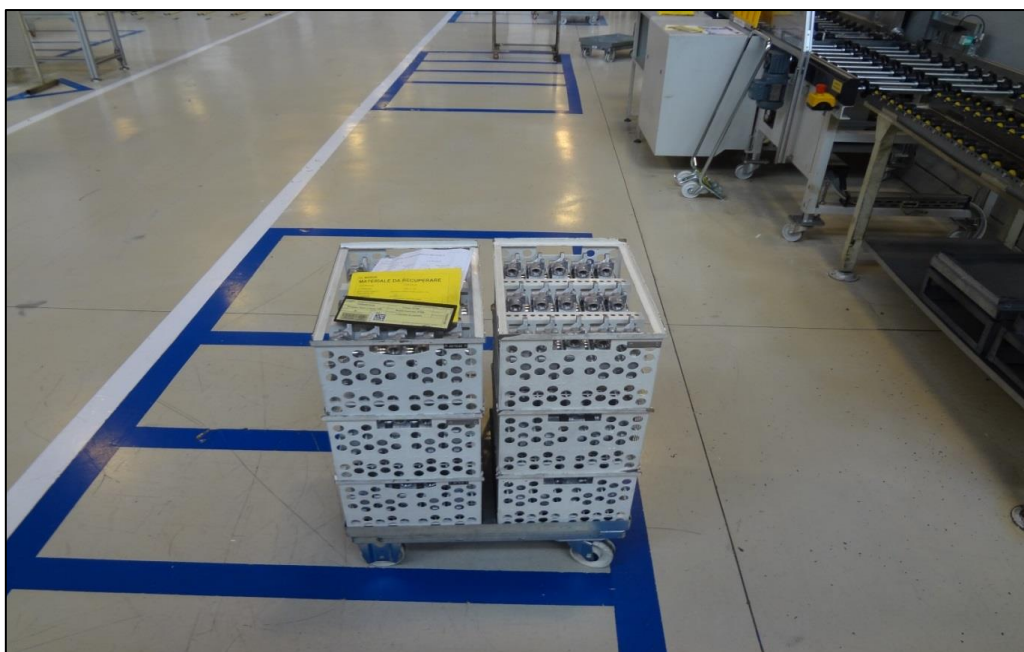


Figura 35. Dolly di movimentazione interna per componente lavorato

Questo comporta che il Milkrun Viola non è dotato di vagoni scaffalati, ma i dolly sono attaccati direttamente alla motrice e poi trainati. Per lo stesso motivo, i supermarket che collegano Machining ed Assemblaggio sono corsie a terra, in cui spingere i dolly.

Il meccanismo di riconoscimento, movimentazione e passaggio di informazioni è la carta kanban di produzione, che presenta la struttura evidenziata nella Figura 36.



Figura 36. Carta kanban di produzione

Nella struttura della carta kanban si possono rintracciare tutte le informazioni necessarie per identificare il materiale: Codice, Descrizione sintetica, utilizzo, fornitore (da quale stazione arriva), cliente (stazione successiva), NPK e tipologia di imballo.

I prodotti coinvolti nel progetto

Il progetto “Consumption Control: Pacemaker Movement from Assembly to Machining” ha interessato i flussi di materiale relativi a due pompe del vuoto runner, denominate D195 e D204.

Si tratta di due pompe del vuoto per motori diesel, caratterizzate da identico displacement, entrambe monovano e mono paletta. La camera è in entrambe uno sviluppo d'ellisse.

Il D195 è stato pensato per motori 1.6 e 1.8, mentre il D204 trova applicazione su motori 1.4, tutti rigorosamente euro V.

Si tratta di due prodotti progettati su disegno per Volkswagen, per la quale hanno costituito un discreto punto di svolta: infatti, rappresentano i primi motori diesel Common rail per la casa tedesca, che prima utilizzava tecnologia unit injector. È in realtà possibile anche l'uso promiscuo, a seconda dei cavalli.

Da un punto di vista di distinta base, le due pompe risultano essere molto simili: buona parte della minuteria (esclusa la paletta di rotazione ed una guarnizione) è in comune, e tra i componenti lavorati il coperchio è identico.

Il corpo (cioè l'elemento a maggior valore dell'intera pompa) ed il rotore sono specifici.

Tre stabilimenti si approvvigionano di questi prodotti presso Bosch VHIT: lo stabilimento VW di Salzgitter (Germania), quello di Polkowice (Polonia) e quello Audi di Gyor (Ungheria).

L'unità minima di vendita risulta essere l'Europallet, ognuno dei quali contiene 270 pezzi di Prodotto Finito.

I volumi di vendita aggregati previsti per il 2014 hanno presentato numeri importanti: il D195 ha venduto tra gli 1,1 ed 1,2 milioni di pezzi, mentre il D204 si è attestato intorno alle 240.000 pompe. I volumi, tuttavia, risultano essere in calo, per motivazioni e con conseguenze che saranno dettagliate in seguito.

Le quantità prelevate aggregate, cioè viste da VHIT senza distinguere tra i tre stabilimenti-cliente, risultano essere affette da discreta variabilità, il che porta i due supermercati di Prodotto Finito ad oscillare notevolmente.

Il ritmo di prelievo, viceversa, si è rivelato abbastanza costante: giornaliero per quanto concerne il D195, 2 volte a settimana (generalmente martedì e giovedì) per il D204.

La scelta di applicare il progetto pilota proprio a questi prodotti/flussi è motivata dall'unione di una valutazione interna e di un'opportunità contingente.

La valutazione riguarda il fatto che per determinare in maniera efficace benefici, criticità, eventuali effetti collaterali e soprattutto sostenibilità nel lungo termine di un progetto simile è necessario implementarlo su un flusso di valori rilevanti che lavori quotidianamente.

L'opportunità contingente, viceversa, deriva dal calo della domanda cliente.

Seppure entrambi i codici figurino tuttora come runner di vendita per VHIT, il loro volume attuale è sensibilmente ridotto rispetto ai numeri iniziali, a causa dell'entrata in vigore della norma Euro VI per le omologazioni di nuovi modelli (1 settembre 2014), che diventerà obbligatoria da gennaio 2016 per tutte le vetture immatricolate.

Sia il D195 che il D204 sono applicazioni per motori Euro V, dunque dall'orizzonte temporale limitato: durante gli ultimi mesi dell'anno corrente si sono verificati cali dei volumi di vendita, attualmente stimabili attorno al 23% (considerando i volumi aggregati delle due pompe).

Si prevede che la decrescita continuerà nel 2015, fino al punto di vendere le due pompe unicamente come ricambi a partire dal gennaio 2016.

Tutto ciò comporta la necessità di rivedere e razionalizzare la struttura del flusso: al momento dell'inizio di questo lavoro, infatti, le attrezzature dedicate risultano sovradimensionate rispetto alle reali esigenze.

Arrivati a questo punto, un paio di ragionevoli quesiti possono sorgere spontaneamente.

Il primo interrogativo riguarda l'opportunità di investire tempo ed energie per modificare il Pacemaker di un processo lentamente avviato verso l'esaurimento.

La risposta interna è stata affermativa: in un'ottica futura di ampliare questa pratica a tutti i runner aziendali, ed addirittura di introdurre le informazioni produttive ancora più a monte rispetto a quanto verrà fatto in questo specifico caso, il tempo investito in un "pilota" pare essere un prezzo ragionevole da pagare.

Il secondo quesito riguarda l'effettiva possibilità di valutare i risultati del progetto.

In un sistema pull efficiente, al calare dei volumi di vendita, una riduzione delle scorte *in plant* è conseguenza naturale, a prescindere dallo spostamento del Pacemaker. Una semplice valutazione dello stock presente a sistema prima e dopo l'implementazione del progetto, dunque, può non essere sufficiente: occorre riuscire a separare l'effetto del calo delle vendite dai benefici reali apportati dal progetto, al fine di poterlo valutare in maniera obiettiva.

Per rimediare a questo problema, all'obiettivo di riduzione scorte enunciato nel paragrafo 2.1, abbiamo affiancato un obiettivo di Lead Time: traducendo le scorte di sistema da "pezzi" ad un parametro di tempo, in grado di tenere in considerazione il variare della domanda cliente, siamo in grado di rappresentare le scorte al netto degli effetti derivanti dal calo dei volumi.

Dopo aver spiegato il contesto e i presupposti del lavoro, è possibile entrare nell'operatività vera e propria del progetto, partendo dalla prima fase: l'analisi della situazione "as is" dei flussi di riferimento, finalizzata alla stesura dell'Initial State.

3. Dallo Stato Iniziale allo Stato Finale: mappatura e modifica del flusso di valore

3.1. Initial State: la situazione “as is”

Cosa mappare?

L'analisi dell'*Initial State* è il primo passo da compiere quando si vuole analizzare un processo e modificarlo in funzione di un target desiderato.

Prima ancora di cominciare la fase di analisi, tuttavia, è stato importante chiarire quale fosse l'obiettivo, cioè in funzione di cosa osservare ed in quale direzione cambiare: operazione tutt'altro che banale, ha evitato confusione ed inutili dispersioni di attività.

Questa presa di coscienza deve avvenire attraverso la risposta a tre semplici domande: “*What?*”, “*Why?*” e “*How?*”.

La risposta alle prime due è già stata data nei capitoli precedenti: l'obiettivo è movimentare dall'assemblaggio al lavaggio l'unico punto di ingresso delle informazioni produttive, per ottenere una riduzione delle scorte (target: - 40%).

Rispondere alla domanda “*How?*”, per contro, è stato più complesso. La difficoltà di tradurre la teoria in pratica ci è apparsa fin da subito evidente: cosa e come spostare sono stati interrogativi di non facile soluzione.

Il primo passo per trovare una risposta al quesito è stato individuare quale sia lo strumento, all'interno del flusso, che comunica le informazioni necessarie alla produzione: se infatti l'obiettivo è introdurre a monte l'informazione, in modo che tutto il resto obbedisca e reagisca di conseguenza, è necessario conoscere come questa informazione faccia attualmente il suo ingresso nel flusso.

Lo strumento di informazione ed autorizzazione alla produzione, ovviamente, è la carta kanban.

Tutti i componenti della pompa sono movimentati attraverso carte kanban: è necessario rivedere la gestione delle carte kanban di tutti? E se la risposta è no, quali? Cosa “tira” la produzione?

Dall'analisi del sistema, è risultato evidente come non fosse affatto necessario modificare la gestione della carte kanban di tutti i componenti.

Prima di tutto, così come unico è il punto di ingresso dell'informazione, unica deve anche essere l'informazione stessa. Se per lanciare la produzione servisse

l'arrivo in una determinata area delle carte kanban di tutti i componenti, la situazione diverrebbe rapidamente ingestibile: la carta kanban con "potere" di informazione di start produttivo deve appartenere ad un unico componente.

Escludendo per ovvie ragioni i componenti di minuteria, la scelta si è ristretta ai tre componenti di lavorazione: corpo pompa, coperchio o rotore.

La scelta è caduta sul primo. Prima di tutto, rappresenta il componente a più alto valore all'interno della distinta base; secondariamente, avendo anche il maggior ingombro ed il maggior peso, possiede l'NPK più basso (90 corpi per dolly, contro i 240 coperchi ed i 1.080 rotori), ragion per cui necessita di una gestione più oculata.

Dunque, è il consumo del corpo della pompa l'informazione di start produttivo di cui modificare le modalità di ingresso: di conseguenza, sarà il corpo a "tirare" la produzione, ed il resto dei componenti a reagire di conseguenza.

Analisi dei flussi

A questo punto è cominciata la vera e propria analisi dei flussi dei due corpi in esame.

In generale, i corpi necessitano di due macro-operazioni: la lavorazione meccanica a disegno ed il successivo lavaggio (Washing) dalle impurità.

Le macchine di lavorazione meccanica coinvolte nel processo sono quattro: Stama 3, Stama 5, MCM 9, MCM 11. Si tratta di centri di lavoro, in grado dunque di accorpate operazioni di tornitura e fresatura.

Tutte e quattro lavorano il grezzo del D195: le prime due in maniera dedicata, mentre le altre sono condivise. La lavorazione del D204 è svolta interamente all'esterno, presso un fornitore strategico geograficamente vicino, con cui da tempo è stata instaurata una proficua collaborazione.

Anche parte della produzione del D195 è stata esternalizzata, presso lo stesso fornitore appena citato: la consegna avviene due volte al giorno.

Tre sono le lavatrici coinvolte nel processo: DURR 1 per il lavaggio del corpo D204, DURR 12 per i corpi D195 provenienti dai due centri di lavoro Stama, e DURR 4 per i corpi D195 di lavorazione esterna o provenienti dalle MCM.

I corpi lavorati esternamente necessitano solamente dell'operazione di lavaggio: per questo motivo, una volta scaricati dal camion di consegna (già su dolly di proprietà VHIT) vengono posizionati in una zona di interscambio, da dove il Milkrun Viola li trasporta nell'area di stoccaggio davanti alle lavatrici, all'interno dell'area di Machining.

I corpi D204 seguono esattamente lo stesso iter, con l'unica eccezione di venire lavati sulla DURR 1.

Per quanto riguarda la quota di produzione interna del D195, le logiche sono leggermente diverse. I grezzi arrivano dalle fonderie in grosse quantità, all'interno di cassoni (gitterbox) di dimensioni e peso insostenibili per il trasporto milkrun, e solo ad avvenuta lavorazione meccanica vengono travasati sui dolly di movimentazione interna che sono stati mostrati in precedenza.

Questi dolly, costituiti da 6 cestelli per un totale di 90 corpi, costituiscono l'unità di movimentazione fino all'arrivo finale sulla linea di montaggio.

Su ogni dolly è posto un kanban di produzione interna: a differenza dei corpi lavorati presso il fornitore esterno, quelli di produzione interna necessitano, dopo il lavaggio, di transitare presso un banco di controllo visivo, e vengono successivamente inseriti in una corsia del supermarket apposita per i corpi di lavorazione interna.

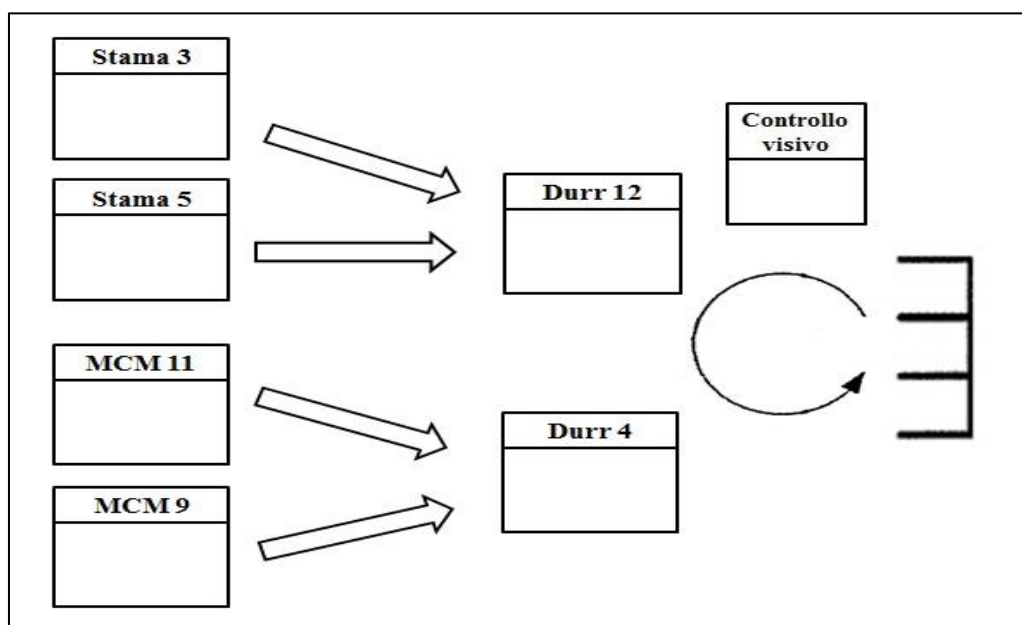


Figura 37. Flusso corpo D195 (lavorazione interna)

Ricapitolando i flussi nell'area Machining, la situazione è la seguente (Figura 38).

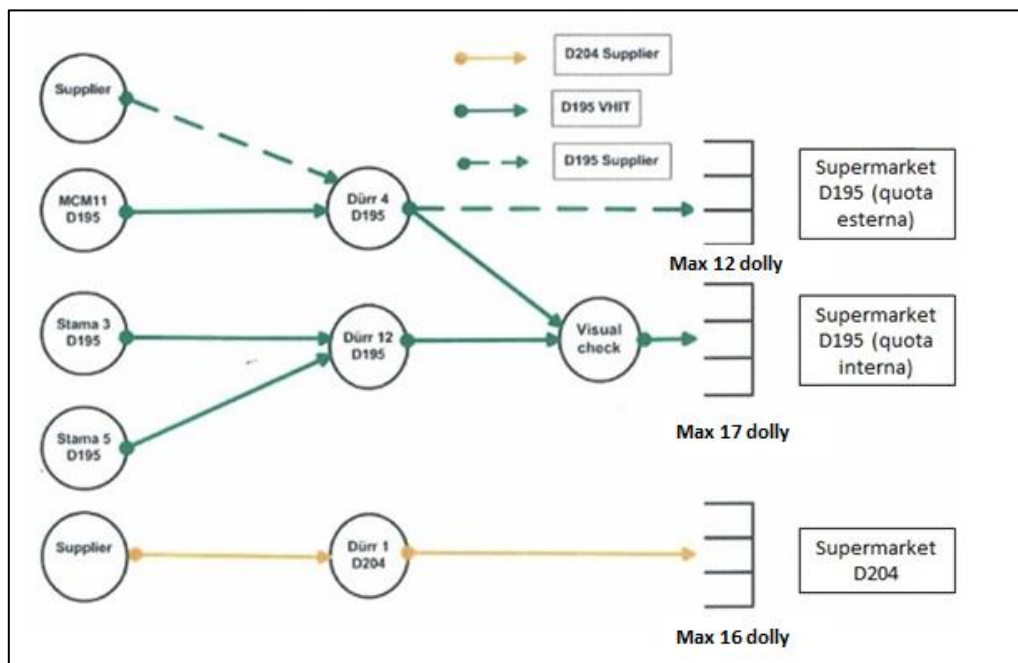


Figura 38. Bubble Diagram area Machining (Initial State)

Nella fase di start del progetto, il supermarket WIP (aggregato tra D204 e D195) conta un massimo di 45 dolly (12+17+16, come da immagine precedente).

Il supermarket del D195 è diviso in due parti, per evidenziare le due diverse fonti che lo approvvigionano: la produzione interna e l'outsourcing.

Nella fase di prelievo dei dolly da parte dell'assemblaggio, la produzione interna gode di priorità: il Milkrun Blu preleva corpi provenienti dal fornitore esterno solo se la corsia approvvigionata dal Machining risulta vuota. Questa regola di priorità è finalizzata a saturare i macchinari interni (kanban permettendo, ovviamente): la maggior capienza rispetto alla corsia di outsourcing, viceversa, è dettata dal fatto che i corpi provenienti dal fornitore risultano essere una quota di minoranza.

Ogni volta che una linea di montaggio esaurisce un dolly di materiale, esso viene lasciato con una carta kanban di trasporto all'interno di un'area adibita al deposito vuoti: il Milkrun Blu attacca il vuoto alla motrice e si reca al supermarket.

Prelevando un nuovo dolly per portarlo in linea, avviene contestualmente anche lo scambio tra carte kanban. Il kanban di produzione viene appoggiato sul dolly vuoto e portato insieme ad esso verso l'area di Machining in una corsia dedicata, in modo da fare ritorno nel loop di sua competenza: in quell'area, costituirà l'informazione di un avvenuto prelievo ed autorizzerà a lavare nuovi corpi nell'esatta quantità di un dolly.

Viceversa, il kanban di trasporto viene posizionato sul dolly pieno di corpi "nuovi" appena estratto dalla corsia, che va ad approvvigionare la linea.

Procedendo ora a ritroso dal supermarket WIP, si generano altri due kanban-loop.

I dolly vuoti con kanban di produzione interna vengono trasferiti (attraverso Milkrun) davanti alla macchina operatrice riportata sulla carta, autorizzando così l'operatore a lavorare altri 90 pezzi. Per quanto riguarda la fornitura esterna (tutto il D204, parte del D195), i dolly vuoti vengono invece indirizzati verso l'area di interscambio, da dove vengono successivamente rispediti al fornitore. Per contro, i kanban di produzione rimangono presso la lavatrice, all'interno di un'apposita rulliera.

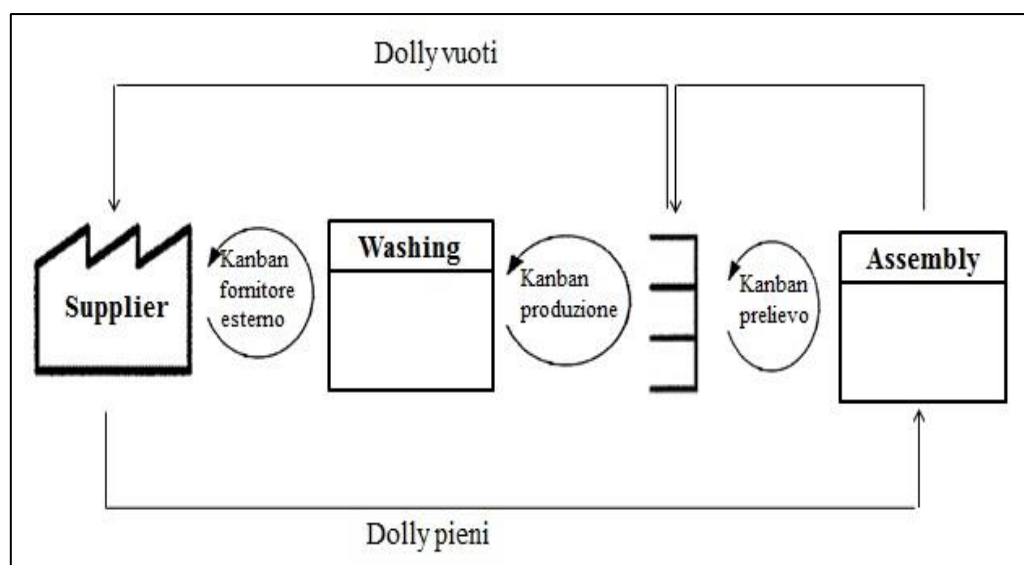


Figura 39. Kanban loop per corpi D195-D204 (lavorazione esterna)

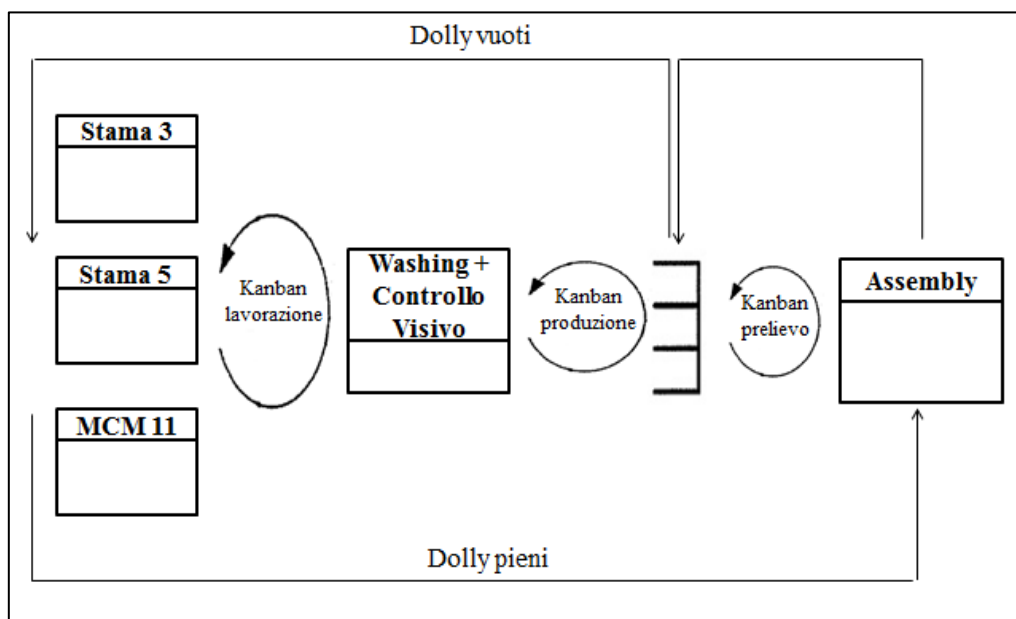


Figura 40. Kanban loop per corpi D195 (lavorazione interna)

Per quanto concerne l'area di montaggio, le linee per i prodotti Volkswagen sono tre, una dedicata esclusivamente al D195 e due attrezzate per effettuare il cambio tipo.

Prima dell'uscita dalla Sala Bianca, esiste una nuova postazione di controllo visivo, disaccoppiata dalla linea: infine, il pallet di prodotto finito viene affidato agli operatori di Logistica Interna, che si occupano della reggiatura e dell'inserimento nelle corsie dedicate del supermarket.

Value Stream Map

Poiché lo scopo di questo lavoro di tesi è raccontare e dettagliare lo sviluppo strutturale di un progetto, alcuni valori numerici assimilabili alla categoria di "dati sensibili" sono stati omessi, anche laddove avrebbero potuto costituire un completamento logico. Per questa ragione, non compaiono informazioni circa OEE (Overall Equipment Effectiveness), tempo ciclo, numero di operatori né nelle Data Box del Value Stream Map né in quelle del Value Stream Design.

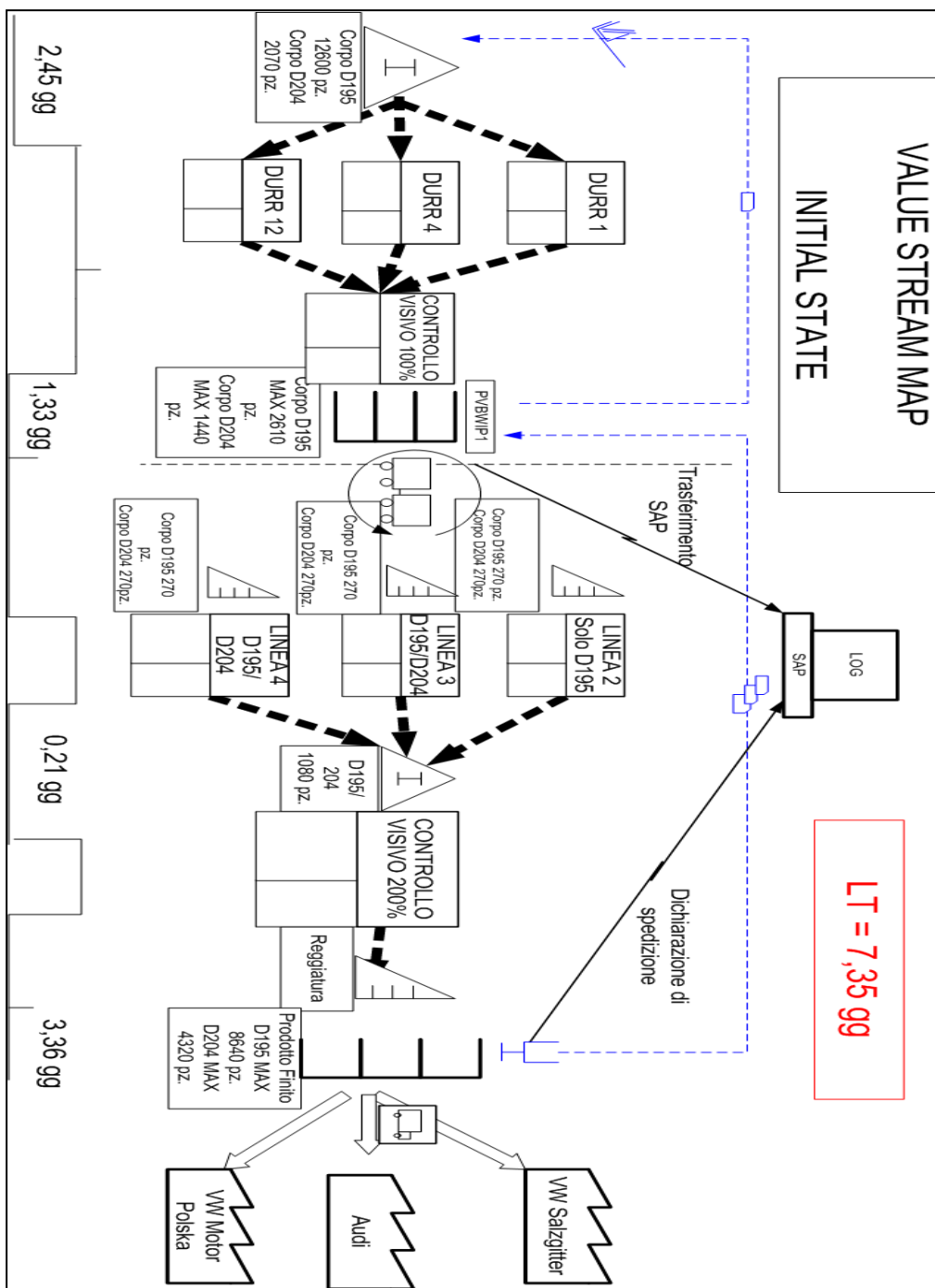


Figura 41. Value Stream Map: Initial State

Gli unici dati quantitativi esplicitati all'interno dell'Initial State sopra presentato sono relativi ai focus del progetto: scorte e Lead Time.

In particolare, quattro tratti del flusso che incidono consistentemente sul Lead Time totale sono stati posti in rilievo.

Si tratta delle seguenti aree:

- lo stock indefinito a monte dei lavaggi;
- il Work In Process tra Officina e Sala Bianca;
- la stazione di controllo visivo posizionata successivamente alla linea di assemblaggio;
- il supermarket prodotto finito.

Le altre tempistiche, generalmente Processing Time o attese in aree di cross docking, sono trascurabili ai fini della nostra indagine.

Fatta questa premessa, possiamo passare a considerare i dati da un punto di vista meramente numerico: la mappatura evidenzia un tempo di attraversamento pari a 7,35 giorni e stock aggregato superiore ai 30.000 corpi.

3.2. Target State: la situazione “to be”

Considerazioni e proposte di modifica

Dalla mappatura dello Stato Iniziale e dalla precedente osservazione dei processi abbiamo derivato una serie di considerazioni.

Prima di tutto, è verificato che il Pacemaker del flusso è effettivamente l’assemblaggio.

Come pronosticato, infatti, è in questo punto che arriva, tramite kanban, l’informazione di cosa produrre: il loop dei kanban di trasporto è chiuso all’interno della sala Bianca, con i supermarket di WIP tra Officina ed Assemblaggio che fungono da primo elemento di disaccoppiamento.

Questo si ripercuote in una complessa gestione delle carte kanban, che prevede due loop nella fase post-washing ed altrettanti nei primi step del flusso.

Il numero complessivo di loop appare, in questo senso, eccessivo.



Altra osservazione critica riguarda il Lead Time, che appare sovradimensionato, soprattutto a causa dei numerosi punti di arresto del flusso.



Esempio lampante in questo senso è rappresentato dalla stazione di controllo visivo posteriore alle linee di montaggio.

Organizzata sotto forma di banco di controllo, disaccoppiata dal resto del flusso, vi si accumulano fino a 1.080 pezzi in attesa di essere controllati: l’introduzione

di un flusso più snello in questo tratto sembra essere un'operazione effettivamente realizzabile.

Un miglioramento nella gestione di questa fase aumenterebbe la fluidità del flusso post Pacemaker: ciò potrebbe contribuire a ridurre il tempo di risposta del sistema, che è atteso in aumento a causa dell'allontanamento del pacemaker.

L'analisi di questo punto è stata presa in carico da un team di collaborazione tra gli enti BPS, MFO1 (Produzione, lato assemblaggio), QMM (Quality Management Methods, in particolare l'ala che si occupa di qualità lato cliente) e TEF (Technical Functions, che si occupa di gestione dei metodi di lavoro, definizione procedure e standardizzazione, rilievo tempistiche): la valutazione ha necessitato di varie settimane. La soluzione costituisce ai fini di questo lavoro una black box, cioè non ne saranno approfondite le modalità.

Nell'ottica di costruire il Value Stream Design, abbiamo considerato l'ipotesi ottimistica di riuscire ad eliminare completamente questo blocco del flusso.

Questa ottimizzazione, oltre che da verificare, ovviamente non può risultare sufficiente nell'ottica di raggiungere i target prefissati.

La riduzione desiderata delle scorte in process passa attraverso il "taglio" al WIP in altri due punti: la creazione di un supermercato pull davanti ai lavaggi (dove, allo stato iniziale si trova uno stock indefinito) e la sostituzione degli attuali supermarket WIP tra officina ed assemblaggio con corsie FIFO opportunamente dimensionate.

Se l'obiettivo del progetto è movimentare l'ingresso dell'informazione presso il Washing, tutto quanto accade successivamente deve "scorrere", rendendo di fatto incompatibile la presenza di un supermercato.

L'introduzione di linee FIFO conduce anche ad una riduzione degli spazi occupati nel supermarket WIP e dello stock contestuale, e permetterebbe l'accorpamento dei corpi D195 all'interno di un'unica area WIP, al posto delle due attuali.

Inoltre, un argomento delicato che merita approfondimento è la questione del calo di portata del flusso, che comporta una serie di rilevanti conseguenze.

Dal punto di vista di strutturazione interna del flusso, la contrazione dei volumi evidenzia una sovraccapacità allo stadio di lavaggio, presso il quale risulta possibile rinunciare ad una lavatrice.

Le DURR sono macchine per il lavaggio dal ridotto tempo ciclo (il lavaggio di due cestelli avviene in circa dieci minuti: ciò comporta che un dolly completo di materiale necessita di 30 minuti per essere processato) e con tempo di cambio

tipo nullo, dunque estremamente flessibili: la loro controindicazione è l'elevato consumo energetico associato.

Da questo punto di vista, lo spegnimento di una lavatrice comporterebbe un notevole saving.

Anche all'assemblaggio la struttura risulta sovradimensionata rispetto alle reali esigenze: dati alla mano, due sole linee risulterebbero sufficienti per soddisfare la domanda.



Smantellare una delle linee e re-impiegare parte delle attrezzature condurrebbe ad un risparmio in termini di energia, materiale e spazio: tale decisione, però, può essere avallata solo dopo una valutazione interna circa l'effettiva possibilità di sostenere la domanda cliente potendo disporre di sole due linee.

A questo proposito, sono state eseguite analisi su due fronti.

Prima di tutto, è stata verificata la stabilità dell'OEE di entrambe le aree (Lavorazioni meccaniche e Assemblaggio). Possedere un OEE costante significa poter contare su una buona stabilità della produzione interna, condizione necessaria in ottica di ridurre le attrezzature fisiche coinvolte.



Allo stesso modo, è stata monitorata anche l'affidabilità delle previsioni d'ordine mensili del cliente, rispetto al cumulato dei ritiri effettivi.

La mancanza di fluttuazioni non pianificate, se verificata, permetterebbe al sistema di conoscere con anticipo la capacità produttiva richiesta e gli eventuali picchi, e di conseguenza potersi adattare "giocando" su un sistema flessibile di turni, mantenendo controllata l'eventuale quota di outsourcing.

Pur senza riportarne i dati numerici, le analisi di stabilità appena citate, riferite ai mesi immediatamente precedenti lo start del progetto (aprile-maggio) hanno dato esito positivo:

→ Fluttuazioni rispetto al pianificato < 10%



- $OEE_{LAVORAZIONI\ MECCANICHE}$ stabile 
- $OEE_{ASSEMBLAGGIO}$ stabile 

Con queste premesse, si verificano effettivamente le condizioni per attuare tanto la riduzione di attrezzature coinvolte nel flusso quanto lo scivolamento a monte del processo Pacemaker: possedere un flusso sufficientemente regolare, con perdite stabili monitorate, è condizione necessaria per modificare lo standard senza correre il rischio di perdere il controllo sul sistema.

Value Stream Design

Ritroviamo quanto appena suggerito come spunto di miglioramento all'interno del Value Stream Design raffigurante il Target State Map: il risultato finale, seppur tuttora teorico, è rappresentato dalla Figura 42.

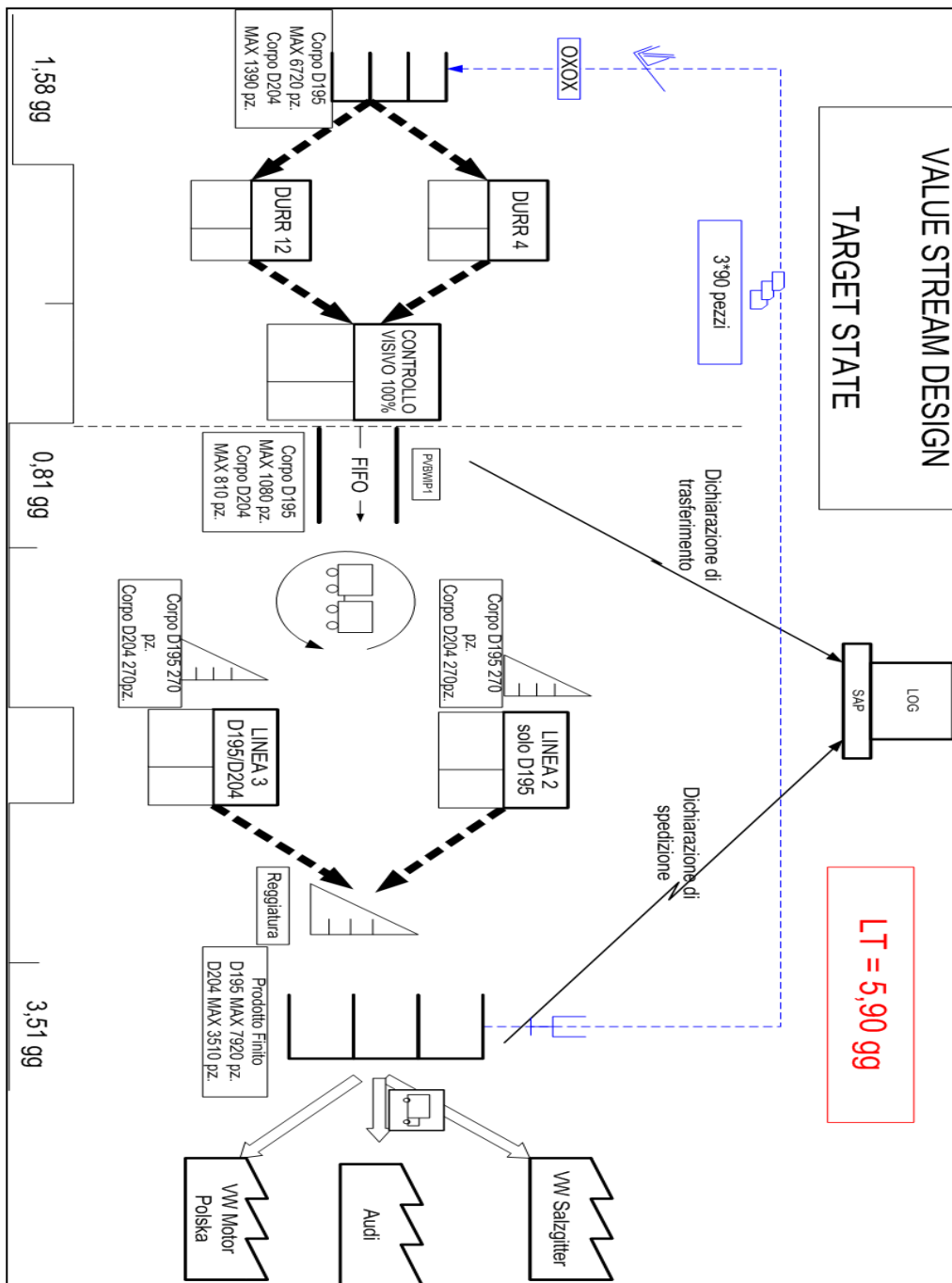


Figura 42. Value Stream Design: Target State

Le lavatrici sono state ridotte a due: ad essere spenta è stata la DURR 1 che, prevedendo il carico di un cestello per volta, possiede tempo ciclo doppio rispetto alle altre.

Stessa sorte per le linee di assemblaggio: la Linea VW2 è dedicata al D195, la VW3 è abilitata anche alla produzione del D204.

Avendo movimentato a monte il Pacemaker, i tre supermercati WIP presenti sono stati trasformati in due corsie FIFO, con una riduzione dello stock in process: davanti ai lavaggi lo stock è stato organizzato secondo una logica supermarket pull, avente minimo e massimo.

La razionalizzazione del flusso post-assemblaggio ha condotto all'eliminazione del banco di controllo visivo.

Nell'area Machining, la situazione è modificata come segue:

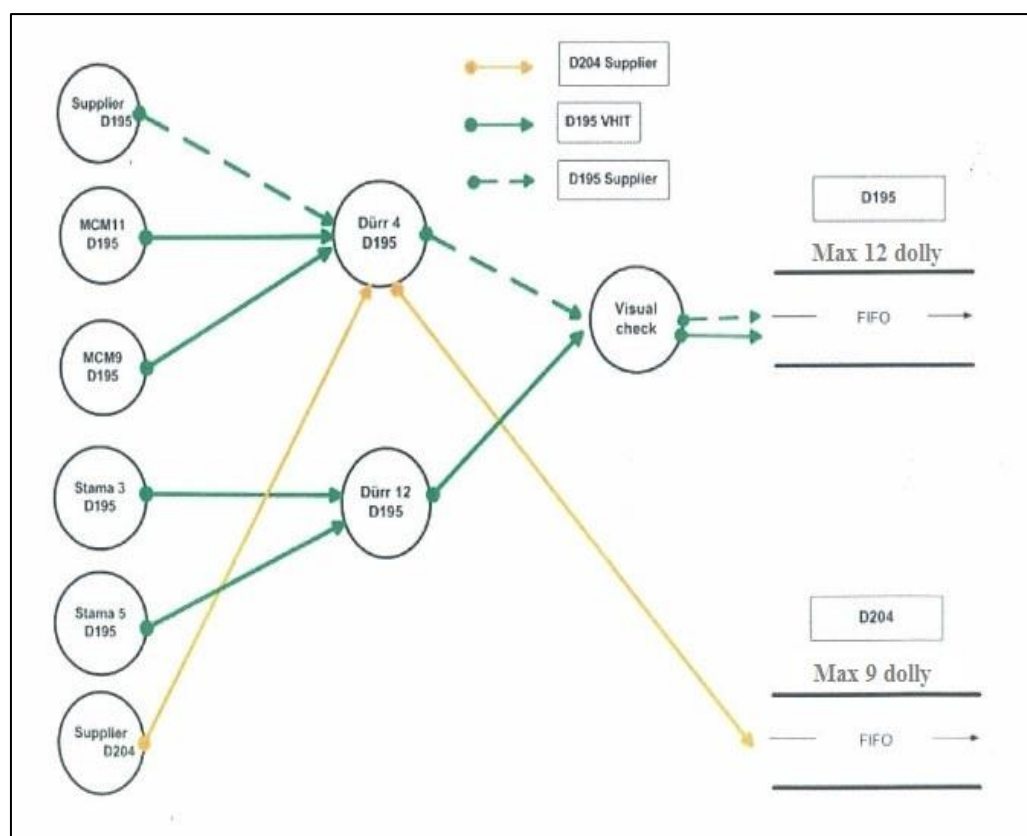


Figura 43. Bubble Diagram area Machining (Target State)

I benefici attesi dall'implementazione delle modifiche proposte, in sintesi, sono i seguenti:

- Riduzione delle scorte complessive: - **40%**
- Riduzione delle scorte tra Sala Bianca ed Officina:
 $(17 + 12 + 16) = 45$ kanban $\rightarrow (12 + 9) = 21$ kanban = - **53,3%**
Per raggiungere il target fissato, quest'ultimo contributo dovrà essere integrato con l'andamento delle scorte nel supermercato pre-washing e di Prodotto Finito.
- Riduzione del Lead Time: 7,9 giorni \rightarrow 5,90 giorni = - **20%**
- Saving in termini di attrezzature e costi di esercizio
- Numero di loop: 2 \rightarrow 1

4. Lo spostamento del Pacemaker: implementazione e monitoraggio

4.1. La gestione delle carte kanban

Movimentare il Pacemaker significa movimentare il punto di ingresso delle informazioni produttive: in VHIT tali informazioni sono rappresentate, in buona sostanza, dalle carte kanban.

Di conseguenza, il primo aspetto su cui abbiamo lavorato per implementare il nuovo standard all'interno del sistema è stato il flusso fisico delle carte kanban.

Il Target State ha modificato la gestione dei kanban secondo la logica illustrata nella Figura 44.

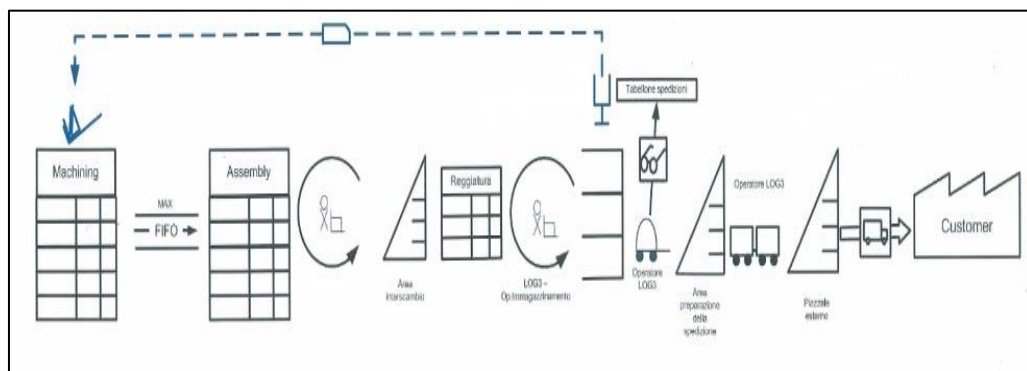


Figura 44. Overview del Target State

Il loop delle carte tra Shipping e Washing è diventato unico: le carte kanban “liberate” dalla spedizione del materiale sono temporaneamente raccolte presso il magazzino del prodotto finito, prima che l’operatore dell’area le movimenti non più verso l’assemblaggio, ma verso l’area Machining, davanti alle lavatrici DURR 4 e 12.

Qui, tra le lavatrici ed il supermercato pre-washing dei corpi, è ubicata la slitta di raccolta kanban rappresentata in Figura 45.



Figura 45. Slitta per la raccolta carte kanban presso Washing

La presenza di carte kanban di produzione in questa slitta autorizza l'operatore (un unico operatore per turno gestisce le due lavatrici) a prelevare i dolly dalle corsie del supermercato per effettuare il lavaggio.

Le carte kanban posizionate sui dolly pre-lavaggio vengono raccolte in apposite rastrelliere (nella figura precedente, in verde e giallo in alto a sinistra) e, successivamente, movimentate tramite milkrun verso il punto di origine del rispettivo loop: presso le Stama o MCM se kanban di lavorazione (corpi di produzione interna), riconsegnate al fornitore se kanban di fornitura esterna.

I kanban di produzione, per contro, prendono posto sui dolly dopo il lavaggio, e li accompagnano lungo il tragitto attraverso il controllo visivo, le linee FIFO ed il montaggio.

Nel supermarket Prodotto Finito, ad ogni pallet si troveranno agganciati tre kanban (1 pallet = 270 pompe = 3 dolly), che saranno liberati solamente al momento della effettiva spedizione del materiale.

A questo punto, l'operatore li riporterà alla slitta mostrata nella Figura 45, facendo ripartire il loop.

Le Figure sottostanti riassumono graficamente la nuova situazione, da confrontare con le equivalenti figure 39 e 40.

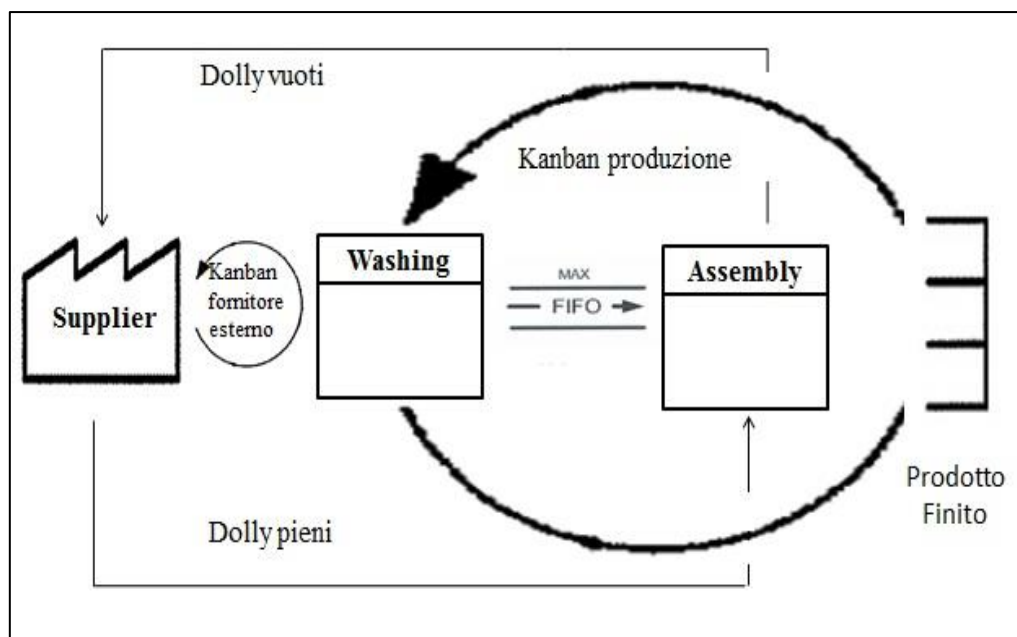


Figura 46. Kanban loop per corpi D195-D204 lavorati esternamente (Target State)

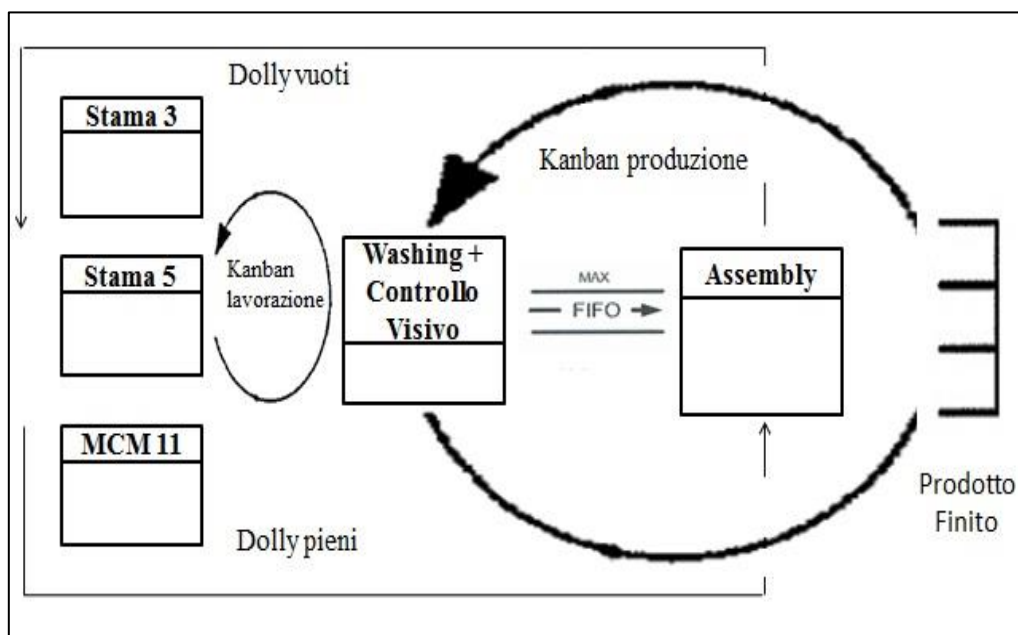


Figura 47. Kanban loop per corpi D195 di produzione interna (Target State)

Arrivati a questo punto, potrebbe sembrare che buona parte del lavoro sia stata portata a termine: l'informazione di "produzione" (nel caso VHIT, lavare e assemblare) viene effettivamente spedita presso il Washing.

Tuttavia, questa operazione rappresenta solamente la punta di un iceberg: lo spostamento del pacemaker va radicato a livelli strutturali ben più profondi, partendo da un'accurata formazione del personale.

Prima di tutto, è stato necessario mettere per iscritto le nuove Istruzioni Operative e provvedere ad un training specifico per chiunque, all'interno dell'area produttiva, avesse a che fare con il flusso in esame: non solo gli operatori delle macchine, ma anche quelli del controllo visivo e della spedizione del prodotto finito, milkrunner, capiturno, team leader e team coordinator d'area, nonché i sostituti di ognuna di queste categorie.

Le nuove procedure sono state rese disponibili direttamente *"on the floor"* (secondo l'ottica del Visual Management), in appositi punti di informazione e raccolta dati che saranno dettagliati nel Paragrafo 4.3.

Elemento fondamentale per il successo delle attività di training è stato ottenere il pieno coinvolgimento delle persone: ciò ha permesso di far emergere qualsiasi tipo di problematica operativa.

La formazione agli operatori ha riguardato principalmente la gestione dei kanban, regole di priorità e raccolta sistematica di dati.

Da un punto di vista gestionale, le modifiche attuate hanno reso necessari degli accorgimenti: modificando la struttura del loop, anche il numero di carte kanban è stato rivisto.

Nel Paragrafo 2.3 è stata illustrata la formula del Bosch Production System a tale proposito (3):

$$K = RE + LO + WI + SA \quad (3)$$

dove K = numero carte kanban
RE = Replenishment time coverage
LO = Lot size coverage
WI = Withdrawal peak coverage
SA = Safety Time coverage.

Questo conteggio, da modificare in accordo alla creazione di un unico loop tra washing e Shipping, ha un impatto diretto sulle dimensioni del supermercato di prodotto finito (da standard BPS, $MAX_{smkt} = 80\% * K$), e quindi sul raggiungimento del target di riduzione scorte complessive del 40%.

È atteso un incremento del tempo di replenishment RT_{loop} : infatti, quanto più a monte entra l'informazione, tanto più lungo sarà il loop da compiere per il kanban prima di fare ritorno al punto di partenza. Questo si traduce in un maggiore RE, cioè il numero di carte kanban necessarie per coprire la domanda cliente nel tempo di replenishment.

Le due grandezze sono infatti legate da diretta proporzionalità, evidenziata dalla formula (4) presentata nel Paragrafo 2.3:

$$RE = \frac{RT_{loop}}{TT * NPK} \quad (4)$$

Un incremento di questo RE causerebbe un contemporaneo aumento del supermarket Prodotto Finito. Ci siamo dunque posti il problema di stimare il nuovo tempo di risposta del sistema, per conoscere il valore di RE all'interno della nuova configurazione.

La risposta a questo quesito è stata affrontata prima quantificando su carta i risultati teorici attesi, e poi monitorando la variazione di RE prima e dopo l'implementazione del nuovo standard: entrambe le attività hanno dato riscontri positivi.

Le ragioni sono principalmente due.

Prima di tutto, come accennato nella fase di presentazione del calcolo carte kanban in Bosch, RT_{loop} viene convenzionalmente ricondotto ad un multiplo del POT (Planned Operating Time, tempo disponibile per la produzione) e, per produzioni "runner" come può essere il caso dei prodotti in esame, solitamente arrotondato all'intero successivo: in buona sostanza, la sua unità di misura viene approssimata al giorno (lavorativo, non solare).

Questo ragionamento non vale per le produzioni "spot", cioè saltuarie: in tali situazioni, avere $RT_{loop} = 1,4 * POT$ piuttosto che $1,7 * POT$ può fare effettivamente una considerevole differenza, per cui una simile approssimazione è sconsigliata.

Ritornando al caso in esame, questa approssimazione comporta che, anche aumentando il tempo di percorrenza effettivo della carta kanban, non si verifichi automaticamente un contestuale incremento di RE, almeno non finché si verifica l'arrotondamento al giorno successivo.

Secondariamente, a mitigare questa possibile problematica sono intervenute efficacemente le attività di razionalizzazione del flusso esposte nel capitolo precedente: in particolare, il riferimento è alla gestione del controllo visivo post-assemblaggio.

Lo slittamento a monte del Pacemaker (PM) ha fatto affiorare la necessità di rendere fluido quanto segue nella sequenza delle operazioni: essere riusciti a "mettere a flusso" le operazioni di controllo visivo, inserendole all'interno del ciclo della linea di montaggio ed eliminando dunque del tutto la stazione, ha portato grossi benefici in termini di lead time.

4.2. La gestione del D204

In presenza di due sole tipologie distinte di prodotti chiamate a convivere sulla stessa linea, parlare di "mix produttivo" può apparire eccessivo.

Tuttavia, se la Linea 2, dedicata al D195, può permettersi di lavorare su un binario unico, diversa è la situazione della Linea 3: avendo in carico anche la produzione del D204, presenta un grado di difficoltà gestionale superiore.

Fin qui, spesso e volentieri ci siamo riferiti ai corpi D195 e D204 in maniera aggregata, senza distinzioni. Questo approccio, però, non è compatibile con la gestione operativa, in quanto i flussi delle due pompe, per quanto strutturalmente simili, presentano caratteristiche distintive.

Prima di tutto, i volumi sono molto diversi: il rapporto è di circa 5 a 1 a vantaggio del D195. Secondariamente, sono diverse anche le modalità di prelievo cliente, che stiamo per descrivere nel paragrafo in corso.

Un flusso perfettamente pull e svincolato da ogni contingenza vedrebbe i corpi (sia D195 che D204) venire processati sulle macchine del lavaggio nell'esatto ordine di arrivo delle carte (in assenza di regole che specifichino diversamente), successivamente inseriti nelle FIFO di riferimento, e da lì prelevati dalle linee di montaggio.

Tale flusso potrebbe essere considerato "continuo" solamente per il D195, per il quale almeno una linea è sempre attiva (kanban permettendo): diversamente, per il D204 si pone il problema del cambio tipo.

Se infatti il tempo di changeover al lavaggio è nullo (sulle DURR vengono caricati i cestelli di materiale, per cui è indifferente che contengano D195 o D204), la stessa cosa non si verifica al montaggio, dove per passare da una pompa all'altra occorrono attualmente circa 40 minuti di set-up.

Analizzeremo tale tempistica poco più avanti, ma anche riuscendo a dimezzarla rimarrebbe comunque ben lontana da una situazione di changeover nullo, condizione necessaria per configurare la linea di assemblaggio secondo una logica Mixed Model.

Per questa ragione, il D204 necessita di un'informazione extra per entrare nella fase di montaggio, l'autorizzazione ad effettuare il cambio tipo: per lo stesso motivo, esisterà un lotto minimo.

La problematica di come gestire il D204 e di quale segnale (se possibile, automatico) utilizzare per autorizzare il cambio tipo è stata molto dibattuta, ed ha rappresentato un interessante sviluppo.

Primo pattern e relative problematiche

La prima procedura che abbiamo implementato al riguardo si articola come segue (si ricorda che, per la fase di assemblaggio, si parla della sola Linea 3: la Linea 2, dedicata, assembla D195 a flusso continuo a meno di assenza di kanban o componenti).

1) Alla fase di lavaggio, l'operatore lava i corpi in base alle carte kanban disponibili, dando la priorità (non preemptive) al D204.

Successivamente, inserisce i dolly di corpi lavati con annesso kanban di produzione nella linea FIFO dedicata in base ai limiti concordati:

LINEA D195 = min. 0 - max. 12 dolly;

LINEA D204 = min. 0 - max. 9 dolly.



Figura 48. Linea FIFO D195 con istruzioni per il riempimento

2) Se è già stata inserita la quantità massima di dolly previsti per ogni FIFO, l'operatore non lava ulteriori dolly.

3) Il Milkrun Blu che alimenta le due linee VW preleva i dolly dalle linee FIFO solo se in possesso di apposito kanban di trasporto (stesso kanban per D204 e D195), seguendo le seguenti regole:

- inizia a prelevare D204 solo se sono presenti 9 dolly nella FIFO (corsia piena);
- continua a prelevare D204 fino ad esaurimento dolly.

Perché ciò possa fattivamente avvenire, è necessario che il kanban di trasporto in possesso del Milkrun sia valido per prelevare entrambe le tipologie di corpi:

la nuova carta di prelievo, esclusiva per la linea mista D195-D204, si configura come illustrato nella seguente immagine.



Figura 49. Kanban di trasporto “misto”

4) Quando inizia a prelevare il primo dolly D204, il Milkrun Blu posiziona sulla testata della linea FIFO il cartello “D204 in produzione. Prelevare corpi”.



Figura 50. Cartello di avviso per produzione D204 in corso

5) Sul primo dolly D204 prelevato, il Milkrun Blu deposita il cartello “Info per inserire in produzione il D204”.



Figura 51. Primo dolly D204 portato in linea mista per cambio tipo

6) Nel momento in cui sopra la testata è alzato il cartello “D204 in produzione. Prelevare corpi” ed il Milkrun Blu è in possesso di un kanban di trasporto “misto”, ma non ci sono più dolly D204 nella linea FIFO, esso rimuove (abbassa) il cartello e preleva un dolly D195.

7) Sul primo dolly di D195 prelevato per effettuare di nuovo il cambio tipo, come in precedenza, il Milkrun Blu deposita il cartello “Info per inserire in produzione il D195”.



Figura 52. Primo dolly D195 portato in linea mista per cambio tipo

In questa configurazione, il cambio tipo sulla Linea 3 non necessita di alcuna schedulazione né segnale esterno al sistema: l'impulso al sistema arriva in automatico ogni qualvolta la corsia FIFO dedicata al D204 si riempie (9 dolly). Adeguata formazione è stata fornita al riguardo soprattutto agli addetti ai lavaggi ed ai milkrunner: il sistema di Visual Management basato su cartelli appena illustrato è di supporto all'intera procedura ed è finalizzato ad evitare errori (si pensi, ad esempio, al cambio turno: il milkrunner che ha appena cominciato il turno, in possesso di un kanban di trasporto "misto", sa esattamente cosa prelevare con un semplice sguardo ai segnali visivi).

Questa procedura iniziale, introdotta a tutela del D204, ha ben presto presentato effetti collaterali negativi, per la cui comprensione è necessaria una contestualizzazione circa frequenza e quantità di prelievo cliente.

Guardando alle richieste aggregate (senza distinguere tra i tre stabilimenti cliente) di D204, i prelievi settimanali sono due, martedì e giovedì, di quantità molto diverse: circa 12 pallet in media il martedì, solamente 3 il giovedì. Ogni pallet contiene 270 pompe (3 dolly di corpi).

Considerando un fattore di sicurezza SA nel supermercato Prodotto Finito pari a 9 pallet, la situazione è la seguente (Tabella 1):

D204					
unità di misura = pallet da 270 pezzi			SA = 9		
Work Day	Lun	Mar	Mer	Gio	Ven
Spedizione		12		3	
Produzione		6	6	3	
Stock	21	21	15	21	21

Tabella 1. Situazione Prima Procedura Operativa

Lo stock è misurato di primo mattino. Consideriamo il caso di 3 turni/giorno.

Durante la mattinata di martedì vengono spediti 12 pallet: le 36 corrispondenti carte kanban dei corpi giungono alla slitta di raccolta e, avendo priorità, 36 dolly di corpi D204 cominciano ad essere lavati.

Nove dolly vengono inseriti nella corsia FIFO, poi compatibilmente con il passaggio del Milkrun Blu ed il conseguente prelievo, avviene il cambio tipo (generalmente, attorno a metà pomeriggio).

La regola prevede il lavaggio con priorità dei corpi D204 ed il conseguente assemblaggio fino ad esaurimento: ciò significa che, man mano che la linea di montaggio “consuma” dolly, l’operatore del lavaggio è autorizzato a lavarne ed inserirne nella FIFO altri.

Dunque, 36 dolly di corpi D204 (equivalenti, appunto, ai 12 pallet di prodotto finito spediti) vengono lavati e montati consecutivamente. Considerando una capacità della linea di assemblaggio superiore agli 800 pezzi/turno (oltre 3 pallet/turno), approssimativamente verranno prodotti 6 pallet nella giornata di martedì (parte del secondo turno più tutto il terzo) ed altrettanti il giorno successivo (primo turno e parte del secondo): ciò significa che il montaggio di pompe D204 prosegue per circa 4 turni, e terminerà nella serata di mercoledì.

Giovedì mattina lo stock di prodotto finito D204 ammonta a 21 pallet: 3 ne vengono spediti, ed altrettanti prodotti nella giornata (di nuovo, circa 1 turno di assemblaggio), a conseguenza della procedura appena dettagliata.

Tale procedura minimizza il numero di cambi tipo, che sono settimanalmente quattro.

Tuttavia, come si può facilmente intuire dalla tabella precedente, un pattern di questo tipo comporta una serie di effetti negativi:

- produzione anticipata;
- elevato stock di prodotto finito D204;
- pericolo di rottura di stock per il prodotto finito D195.

Per 4 turni consecutivi, infatti, un'unica linea è adibita a produrre D195, mentre l'altra è impegnata ad assemblare D204 in maniera anticipata: avendo il D195 prelievi giornalieri di quantità rilevanti (tra i 12 ed i 15 pallet/giorno), il rischio di rottura di stock è palpabile.

Questo è l'effetto che abbiamo riscontrato sul supermarket Prodotto Finito nel periodo di attuazione della procedura operativa appena illustrata (Figura 53):

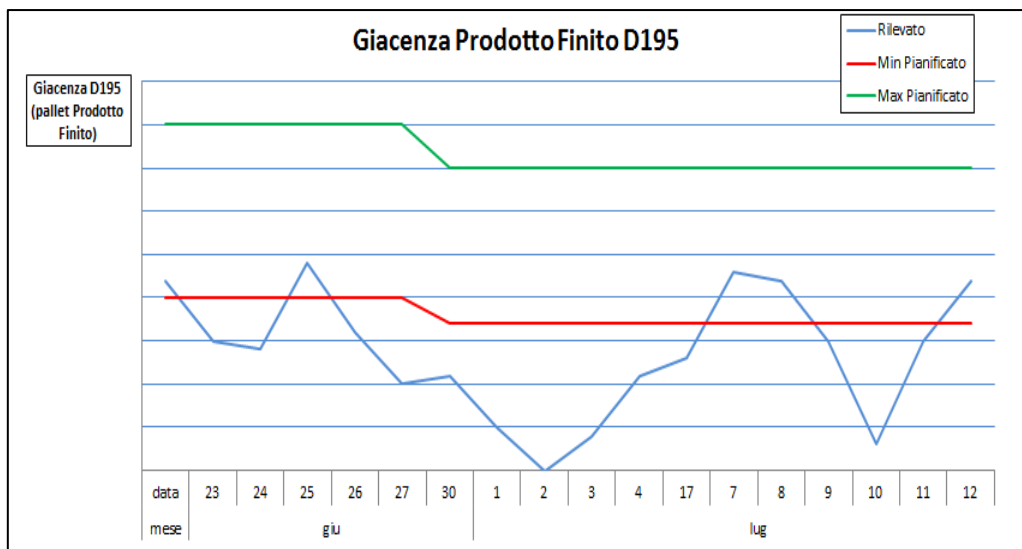


Figura 53. Giacenza Prodotto Finito D195 (fine giugno/ inizio luglio)

Il supermarket di Prodotto Finito D195 presenta un livello eccessivamente basso ed ha rischiato in varie situazioni la rottura di stock: inoltre, come si nota dalla Figura 53, la quantità di stock è stata affetta da forte variabilità.

Questo è principalmente dovuto agli effetti della procedura precedentemente descritta: il numero di set up settimanali (quattro) risulta minimizzato, ma a discapito del controllo del supermarket di Prodotto Finito e della flessibilità di sistema.

Il pattern definitivo

Abbiamo dunque organizzato un nuovo brainstorming, coinvolgendo operatori e planner di Logistica e Produzione, al fine di rimediare alle problematiche emerse.

L'analisi è sfociata nella definizione di una nuova Procedura Operativa, che si differenzia dalla precedente per un paio di punti.

Prima di tutto, lo spazio sulla slitta riservato alle carte kanban D204 è stato diviso in due parti attraverso un separatore fisso, nelle modalità evidenziate dalle Figure sottostanti.



Figura 54. Slitta lavaggio corpi D195/D204



Figura 55. Zone della slitta (corsia D204)

I kanban D204 vengono inseriti nella parte generalmente denominata “Prossimi giorni”: ogni mattina ne viene spostato in “Oggi” un numero pari a nove (dodici, in caso di picco di prelievo).

Solamente le carte presenti in questa zona della slitta autorizzano il lavaggio: dunque, un numero di dolly D204 pari alle carte verrà processato (sempre con priorità non preemptive) e successivamente inserito nella corsia FIFO dedicata. Come in precedenza, il segnale all’assemblaggio di effettuare il cambio tipo arriva quando nella FIFO sono presenti 9 dolly: da questo momento, il D204 viene assemblato fino ad esaurimento. La grossa differenza rispetto al caso precedente è che, avendo posto un tetto massimo ai dolly lavati giornalmente, questo “esaurimento” arriva sensibilmente prima: processare 9 dolly occupa circa un turno di assemblaggio, processarne 12 meno di un turno e mezzo.

Analogamente al caso precedente, proporre uno schema del funzionamento standard di questa seconda Procedura può facilitarne la comprensione.

Si ricorda che 1 pallet = 270 pezzi = 3 dolly di corpi.

D204					
u.m. = pallet da 270 pezzi			SA = 9		
Work Day	Lun	Mar	Mer	Gio	Ven
Spedizione		12		3	
Produzione (pallet)	3	3	3	3	3
Stock	16	19	10	13	13

Tabella 2. Situazione seconda Procedura Operativa

La situazione è ora molto diversa rispetto alla precedente: a parità di domanda settimanale e di fattore di Safety, lo stock medio di prodotto finito D204 si è ridotto di circa il 30%.

Parallelamente, dal monitoraggio delle settimane successive all'introduzione, la quantità di prodotto finito D195 a stock è risultata tornare ad un livello accettabile sopra il minimo, evitando il rischio di rotture di stock.

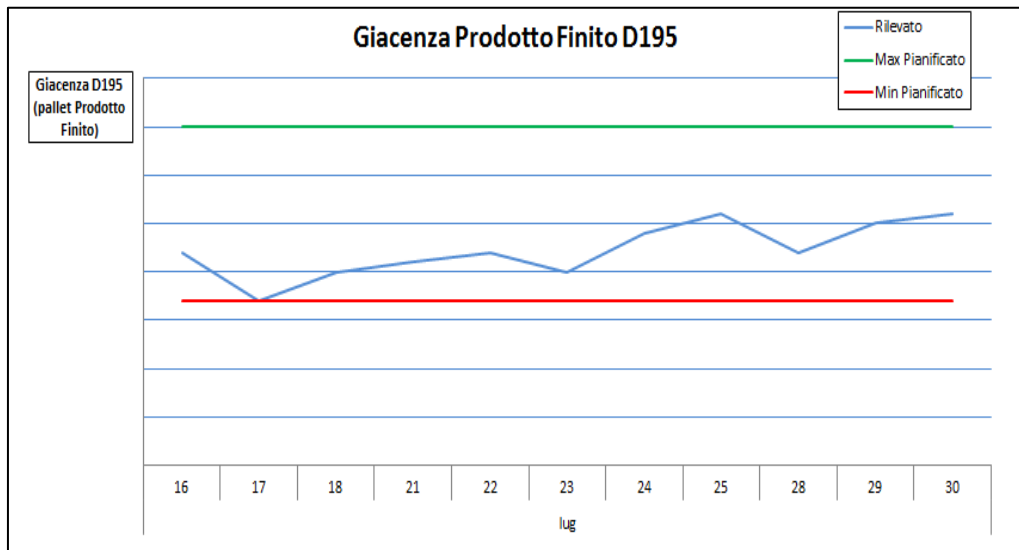


Figura 56. Giacenza Prodotto Finito D195 (seconda metà di luglio)

Siamo dunque tornati in controllo del supermercato: anche la variabilità è stata notevolmente ridotta.

Inoltre, lavando una quota fissa giornaliera di 9 dolly, l'assemblaggio dedica al D204 circa un turno di capacità produttiva al giorno, mentre gli altri cinque (nell'ottica di produrre 3 turni/giorno, due della linea "mista" più i tre della linea dedicata) sono riservati al D195: questo rapporto di 5:1 riproduce quello tra i volumi di vendita.

Qualcuno potrebbe obiettare che una gestione di questo tipo scavalca i confini delle logiche *pull*, per entrare nell'universo della pianificazione di produzione *push*.

Sebbene si tratti indubbiamente di una gestione più ibrida, l'affermazione precedente non corrisponde alla realtà dei fatti.

È utile ricordare, prima di tutto, come il meccanismo di autorizzazione a produrre sia rimasto il kanban: in caso di assenza giustificata di carte alla slitta

del lavaggio (ad esempio, causata dal mancato ritiro da parte del cliente), nessun dolly D204 verrebbe processato.

In caso di ritiro cliente cancellato, la mancata produzione di D204 non verrebbe mai recuperata, lasciando che sia il supermarket ad assorbire il prelievo successivo, liberando le carte e rimettendo in moto il sistema; in caso di ritiro posticipato, invece, nell'ipotesi di avere un numero inferiore di giorni di produzione tra due ritiri "significativamente grandi", l'unica variazione ammessa al tema è l'aumento del numero di dolly D204 processati giornalmente da 9 a 12 (produzione di 4 pallet di prodotto finito anziché 3).

Tale variazione, seppur contemplata nella procedura stessa, deve essere preventivamente discussa tra i planner di Logistica e quelli di Produzione (lato Assemblaggio).

La vera controindicazione della nuova procedura implementata risiede nel numero di cambi tipo effettuati settimanalmente, che è passato da 4 a 10. Per questa ragione, nonostante i benefici evidenziati, questa nuova soluzione ha inizialmente destato qualche perplessità in ambiente produttivo, in quanto è apparso chiaro fin da subito che l'OEE ne avrebbe risentito.

La questione del cambio tipo

Abbiamo quindi messo in moto un processo di analisi circa l'attività di changeover.

Un team composto da rappresentanti di Produzione e TEF (Technical Functions), sotto la supervisione degli enti BPS (Bosch Production System), QMM (qualità, lato processi) e laddove necessario HSE (ente relativo alla Sicurezza) ha affrontato la questione seguendo l'approccio suggerito dal Quick ChangeOver (QCO).

Con QuickChangeover (QCO) si intende una procedura finalizzata ad ottimizzare i tempi di cambio tipo: l'obiettivo finale è quello di ottimizzare le attività e se possibile ridurne la durata complessiva, in modo da poter effettuare cambi prodotto con maggior velocità e flessibilità.

Il QCO si struttura in tre macro attività:

- dall'analisi e scomposizione della metodologia attuale, distinguere tra attività esterne, cioè eseguibili ad impianto in funzione, ed attività interne, eseguibili solo ad impianto fermo. Queste attività raggruppano le Fasi 1 e 2 della Figura 57;

- trasformare, se e dove possibile, attività interne in esterne, valutando gli accorgimenti necessari. Raggruppare le attività esterne nella fase iniziale o finale dell'attività di cambio tipo (Fase 3);
- razionalizzare ed ottimizzare le attività interne: ad esempio, riducendo le percorrenze e le varianti di strumenti, o standardizzando le operazioni di assemblaggio, o ancora riducendo il tempo netto necessario all'esecuzione di un'attività aumentando il numero di addetti. Questo traduce le Fasi 4 e 5 della figura sottostante.

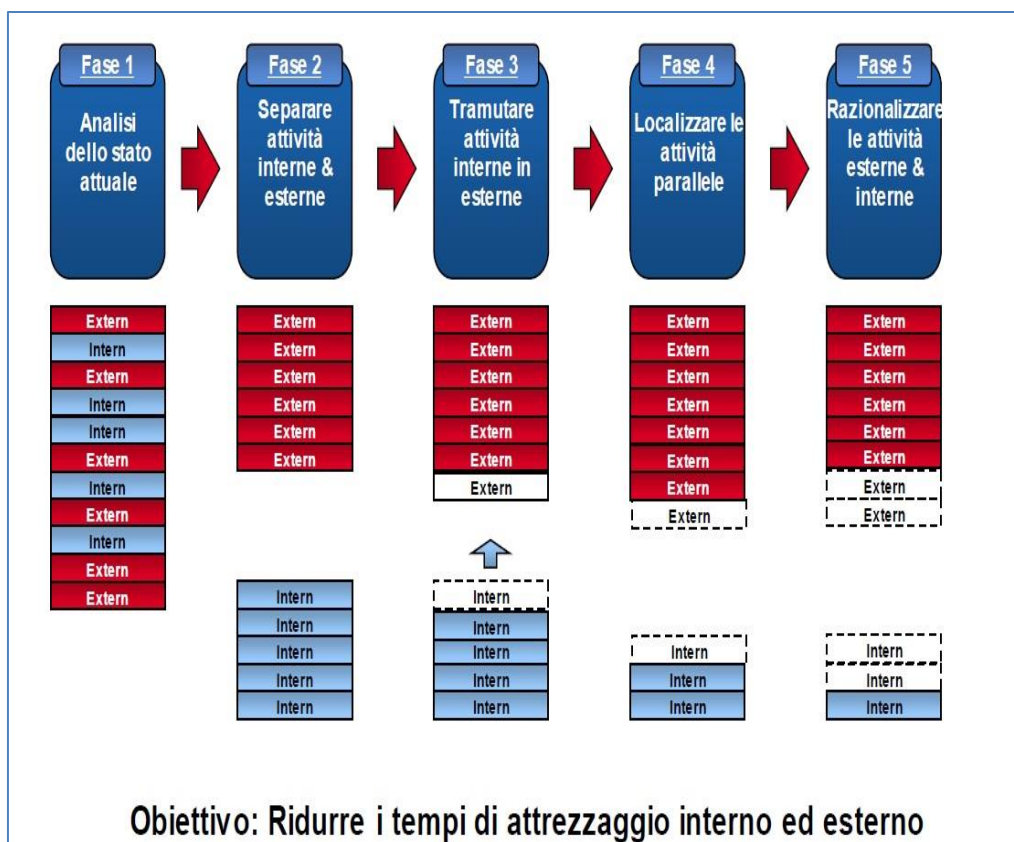


Figura 57. Struttura operativa del Quick ChangeOver (QCO) (Bosch VHIT, 2014)

La Fase 5, cioè la razionalizzazione delle attività (con focus principalmente sul cluster delle “interne”, fornito in output dalle prime due fasi), si sviluppa in due momenti sequenziali.

Prima di tutto, viene eseguita su carta un'analisi del potenziale di miglioramento (fase 5a): per ogni attività interna (output della scomposizione precedente)

vengono individuati una possibile modifica migliorativa (se esiste) ed il beneficio indotto.

N° op. interna	Operazione	Possibile Modifica	Tempo pre	Tempo post
6	Sostituire cianfrinatore con sollevamento scivolo	Smontaggio cianfrinatore frontalmente, con modifica alla sede cianfrinatore	120 sec	40 sec
9	Smontare porta	Sportello laterale con chiave di sicurezza per apertura rapida	100 sec	0 sec
25	Cambio programma necessario per ogni stazione	Impostazione programma centralizzato per tutte le stazioni	40 sec	10 sec

Tabella 3. Esempio operativo Fase 5a

Se e solo se l'analisi appena eseguita ha dato riscontri positivi, è possibile passare alla verifica dell'implementazione fisica (Fase 5b). Se invece questo prospetto preliminare dei benefici massimi attesi mostrasse un potenziale di miglioramento complessivamente basso, o evidenziasse la necessità di intervenire in maniera invasiva sulle linee con investimenti di livello, è possibile anche che il QCO termini qui, motivando l'inopportunità di proseguire l'ottimizzazione del cambio tipo.

Se invece viene evidenziato un potenziale, l'attività viene spostata sul campo per verificarne la reale fattibilità ed eventuali complicazioni impreviste: è possibile che si scopra che la modifica pianificata non è attuabile, o che i tempi reali post modifica non corrispondano a quelli attesi, per difetto o per eccesso. Per ognuna di queste operazioni, viene identificato un responsabile ed una data limite entro cui eseguire le verifiche necessarie, secondo lo schema standard illustrato nella Tabella 4.

N° op. interna	Operazione	Possibile Modifica	Responsabile	Data limite	Riduzione attesa (sec)	Risultato/ commento
6	Smontare cianfrinatore	Smontaggio cianfrinatore frontalmente, con modifica alla sede cianfrinatore	Marco Rossi	21/07/2014	-80	Annullata per criticità modifica sede
9	Svitare viti sportello laterale	Sportello laterale con chiave di sicurezza	Marco Rossi	21/07/2014	-100	-100 (verificare con HSE per sicurezza: l'aria non deve rimanere inserita)
25	Cambio programma necessario per ogni stazione	Impostazione programma centralizzato per tutte le stazioni	Alberto Bianchi	17/07/2014	-30	-40 (cambio programma in tempo mascherato)

Tabella 4. Esempio operativo Fase 5b

Gli esempi sopra riportati rappresentano circostanze concrete, utili a comprendere quale sia l'approccio a questa metodologia e con quali strumenti sia applicata. Tuttavia, come già accaduto precedentemente con la valutazione circa la possibile eliminazione del banco di controllo visivo post assemblaggio, il dettaglio delle analisi ed attività svolte in quest'ottica esula dal focus di questo lavoro di tesi, per la quale il risultato in output rappresenta una black box.

Il QuickChangeOver eseguito sulla Linea "Mista" ha dato i seguenti risultati:

- **Nuovo tempo di Cambio Tipo = 23 minuti = - 42,5%**

A livello settimanale, le perdite per cambio tipo sono comunque aumentate da $40 \cdot 4 = 160$ minuti a $23 \cdot 10 = 230$ minuti: l'OEE è sceso di circa il 2%, compromesso accettabile considerati i benefici a catena sul flusso post assemblaggio che il cambio di procedura ha generato.

4.3. Monitoraggio

Monitorare l'andamento di un processo, specie dopo una modifica allo standard applicato, è un'operazione fondamentale: permette di mantenere il controllo sull'evoluzione del sistema, di analizzare eventuali effetti indesiderati o imprevisti e di quantificare benefici/perdite ponendo la base per un miglioramento futuro.

Abbiamo detto in più di un'occasione che, senza uno standard, non ci può essere un miglioramento: è altrettanto vero che, senza un monitoraggio, non può esistere uno standard.

Il Bosch Production System riserva grande attenzione e spazio agli strumenti ed approcci di monitoring, tanto è vero che nel Processo di Miglioramento Continuo (CIP) il secondo step (il Punto CIP, vedi 1.5) è dedicato prevalentemente a ciò.

Per mantenere il sistema sotto controllo, sono basilari due aspetti: una opportuna strutturazione dell'attività di monitoraggio ed un efficace sistema di indicatori (KPI).

Strutturazione

Il monitoraggio, affinché sia efficace e realistico, deve partire dai livelli più "bassi" dell'organizzazione: in particolare, dal livello di *shopfloor*.

Vi è, in questo senso, una sovrapposizione con il Visual Management, più volte menzionato anche nel corso di questo stesso capitolo: l'ambiente di lavoro deve "parlare da solo", e tutte le informazioni necessarie alla comprensione dello stato del processo (dalle Procedure Operative alla raccolta ed esposizione dati) devono essere disponibili e visibili.

Come da standard, abbiamo inserito in prossimità della slitta porta kanban un tabellone di gestione del Punto CIP (Figura 58).



Figura 58. Tabellone Punto CIP

Possiamo riassumere la struttura del processo di monitoraggio come segue. Partendo dal nuovo standard (esposto al punto 1 del tabellone), vengono selezionati appropriati indicatori (KPI) in grado di definire lo stato di salute del sistema ed il rispetto dello standard implementato. Il valore puntuale di questi KPI viene monitorato attraverso una raccolta dati effettuata con frequenza variabile (punto 2), eseguita direttamente dagli operatori on the floor. La gestione delle deviazioni è un'attività da svolgere interamente in corso d'opera. Ogni qualvolta si evidenzia un'anomalia, nel dato rilevato oppure nella gestione giornaliera delle attività, viene aperto un Open Point (punto 4): in casi significativamente gravi, l'operatore effettua un'operazione di escalation per segnalare il problema ai livelli gerarchici superiori. Il livello a cui rivolgersi ed entro quanto tempo effettuare l'escalation sono parametri indicati dall'apposito modulo di E/R (punto 6). A scadenza variabile

(generalmente settimanale per il responsabile d'area, mensile o addirittura semestrale per i livelli gerarchici superiori), avviene un controllo fisico e diretto dei processi, la cosiddetta Conferma di Processo (punto 5). Lo scopo è verificare l'effettiva aderenza operativa allo standard e la veridicità della raccolta dati (obiettivo è escludere "aggiustamenti" e dati scorretti, parziali o condiscendenti da parte degli operatori). Sul tabellone è indicata la frequenza ed è presente un documento ad orizzonte mensile, che il "controllore" deve firmare ad ogni conferma di processo eseguita.

KPI di progetto

Il cuore del monitoraggio sono le operazioni di raccolta dati e gestione delle deviazioni.

Prima ancora di questo, tuttavia, vi è una fondamentale operazione di background: selezionare i parametri in grado di indicare le condizioni di salute del processo, i cosiddetti KPI.

Sulla base dell'approccio BPS già esposto nel corso del primo capitolo, è stato costruito il seguente ramo di KPI Tree.

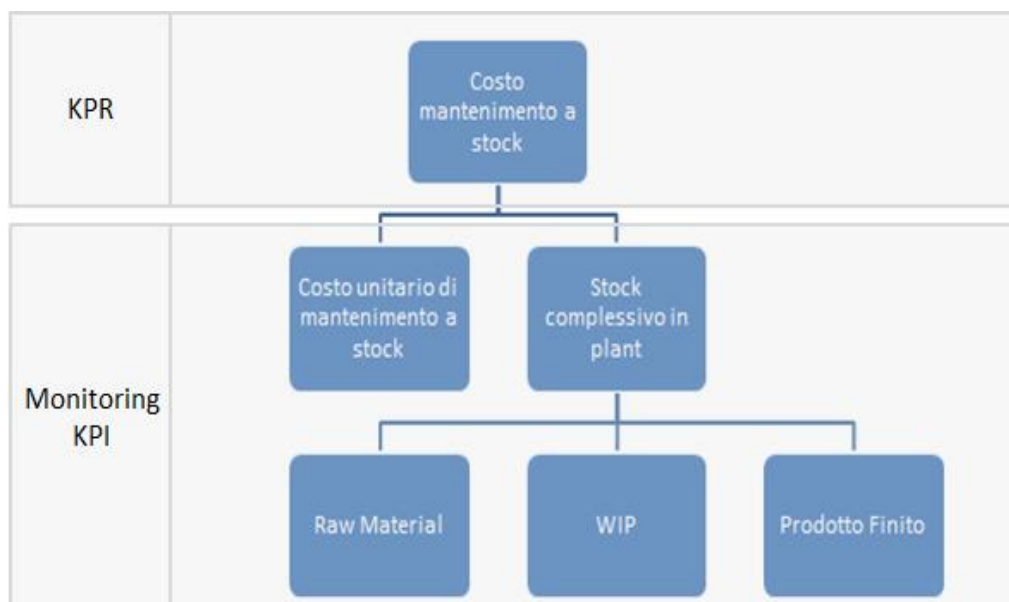


Figura 59. KPI Tree di progetto

L'obiettivo dichiarato del progetto è una riduzione complessiva delle scorte: per questa ragione, a livello di KPR (Key Performance Result, l'indicatore di livello più alto all'interno del KPI Tree) abbiamo inserito il costo di mantenimento a stock complessivo. Questo indicatore non è altro che il prodotto di due componenti: il costo unitario di mantenimento a scorta e lo stock complessivo *in plant*, che costituisce il focus del ramo.

Iterando il concetto, abbiamo suddiviso lo stock *in plant* nelle sue categorie componenti: materiale grezzo, Work In Process, prodotto finito.

Non tutte queste categorie sono state interessate dal progetto.

In particolare, nulla è stato fatto nell'ottica di ridurre la quantità di grezzi presenti all'interno dello stabilimento, in quanto il focus del progetto ha riguardato la parte finale del flusso di valore: le variazioni interesseranno WIP e prodotto finito, ragion per cui i KPI devono essere correlati a queste due grandezze.

Per quanto riguarda il prodotto finito, un monitoraggio circa le quantità nel supermarket è già attivo, indipendentemente dal progetto in atto.

Abbiamo scelto di monitorare il WIP in due punti: il supermarket pre-Washing e le linee FIFO tra Machining ed Assemblaggio.

Logicamente, il monitoraggio riguarderà i corpi sia di D204 sia di D195.

KPI	Frequenza Monitoraggio	Rilevatore
1) N° dolly in supermarket pre-lavaggio (D195/D204)	Giornaliera	Operatore DURR
2) N° dolly in linea FIFO (D195/D204)	Oraria	Milkrunner Viola

Tabella 5. KPI di Monitoraggio

1) Nell'evoluzione da Initial a Target State, l'area di stoccaggio davanti ai lavaggi è stata configurata come un supermarket, con minimo e massimo. Confrontare la quantità di WIP in quest'area con la situazione precedente al lancio del progetto può fornire indicazioni importanti circa la bontà di questa decisione.

La frequenza di rilievo è giornaliera, a carico dell'operatore addetto ai lavaggi.

In caso di n° dolly < 4 (limite minimo), l'operatore è chiamato ad effettuare l'escalation indicata dall'apposito modello presente sul tabellone.

2) Il monitoraggio del numero di dolly all'interno delle corsie FIFO viene eseguito dall'operatore alla guida del Milkrun Viola al termine di ogni giro compiuto: la frequenza è dunque poco più che oraria.

La scelta di un rilievo dati così puntuale per il KPI n° 2 (si parla di 21 rilievi/giorno) è motivata da vari aspetti: il più immediato è la necessità di controllare in corso d'opera il rispetto delle procedure. Ci attendiamo infatti che le giacenze dei corpi D195 all'interno della FIFO non superino in nessuna occasione i 12 dolly: si veda il caso della Week 39 (Figura 60).

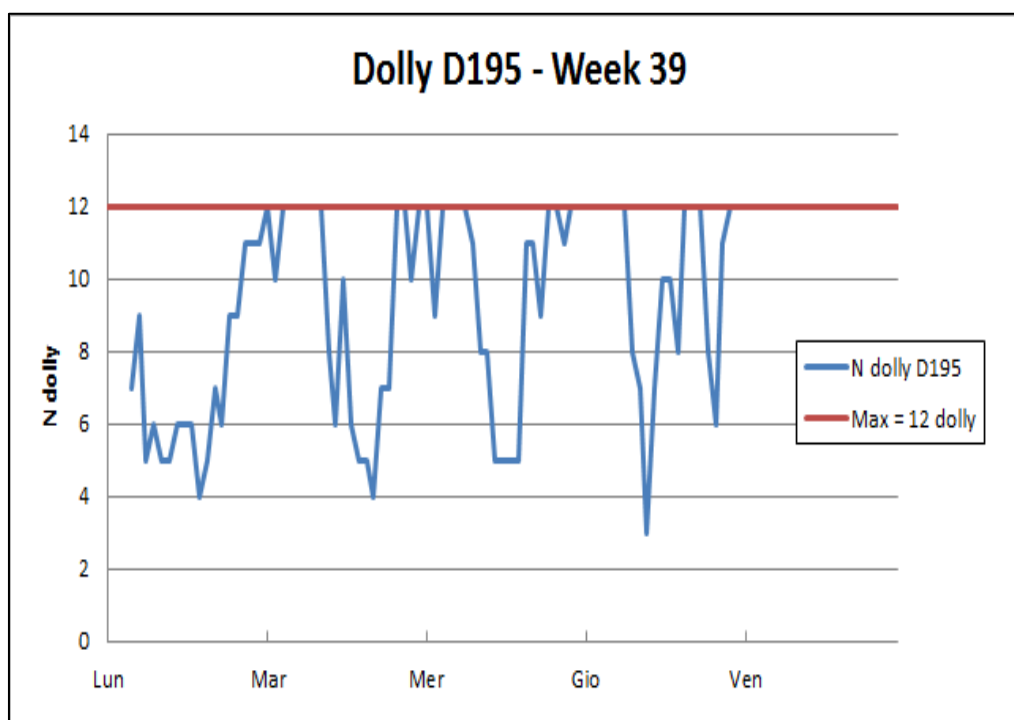


Figura 60. Dolly D195 all'interno della FIFO (Week 39)

Per quanto riguarda il D204, il limite massimo da non oltrepassare è pari a 9 dolly: inoltre, ogni giorno il grafico dei rilievi dovrebbe assumere una forma a “campana”, con vertice pari proprio a 9.

Infatti, la situazione standard prevede il WIP della FIFO D204:

- pari a 0 per buona parte della giornata (lavaggio ed assemblaggio di sole pompe D195);
- crescere fino a raggiungere un massimo di 9 dolly (corpi D204 processati sulla DURR 4 e successivamente inseriti nella FIFO);
- decrescere fino a tornare pari a 0 (effettuato il cambio tipo, assemblaggio di pompe D204 fino ad esaurimento dolly).

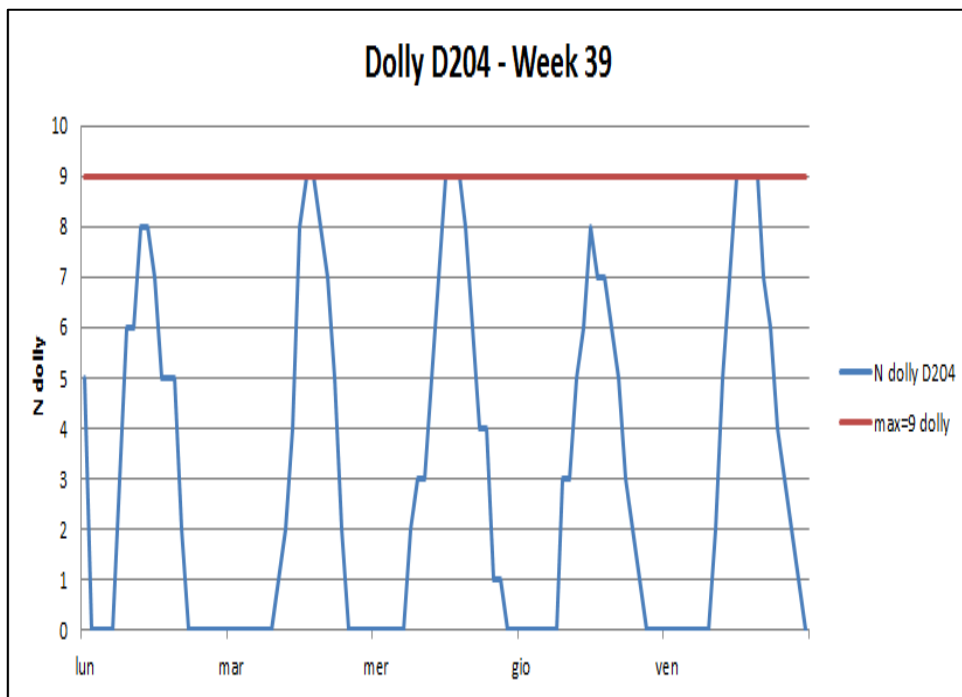


Figura 61. Dolly D204 all'interno della FIFO (Week 39)

Ogni situazione che si discosti da quanto appena detto è sintomo di una deviazione, che dovrà essere opportunamente documentata secondo le modalità evidenziate dal prossimo paragrafo.

L'analisi più interessante scaturisce però dall'aggregazione di questi due rilievi: prendiamo ad esempio il monitoraggio della Week 40 (Figura 62).

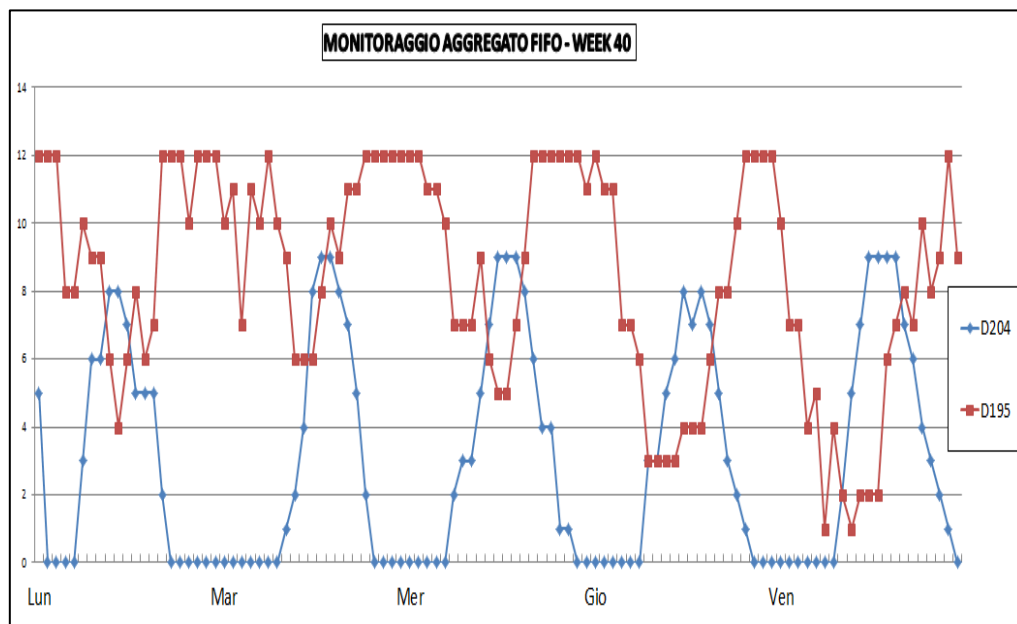


Figura 62. Dolly D195 - D204 all'interno della FIFO (Week 40)

Possiamo facilmente notare come, in corrispondenza del lavaggio dei dolly D204 (spezzata blu che cresce), si verifica un calo della quantità presente nella FIFO D195 (la spezzata rossa decresce): il picco minimo è raggiunto in corrispondenza del massimo della FIFO D204 (9 dolly).

Questa circostanza è immediatamente spiegabile. Durante il lavaggio dei D204 (tra le 4 e le 5 ore di lavorazione), una delle due lavatrici è interamente dedicata a questa attività: in area assemblaggio, tuttavia, entrambe le linee stanno ancora producendo D195, in quanto il cambio tipo avviene non prima dell'inserimento del nono dolly D204 nella corsia FIFO.

Ciò comporta che, per un orizzonte temporale di qualche ora, vi è una sola lavatrice in area Machining che provvede a riempire la FIFO, ma due linee di assemblaggio in Sala Bianca che ne consumano i dolly: la quantità andrà inevitabilmente riducendosi.

Ad avvenuto cambio tipo, la logica si inverte: due lavatrici riforniscono la corsia FIFO, una sola linea di assemblaggio ne preleva i dolly.

Il rilievo di questo secondo KPI, visto in aggregato, ha dunque molteplici utilizzi.

In ottica di breve termine, serve ad evitare che l'assemblaggio rimanga a corto di materiale per mancanza di capacità a livello di Washing.

Nell'ottica del Continuous Improvement, invece, l'obiettivo è installare un Improvable System: se il monitoraggio dovesse dimostrarne la fattibilità, uno sviluppo futuro potrebbe essere la riduzione del quantitativo massimo previsto per le FIFO, in modo da operare ulteriori riduzioni di scorta e lavorare su un flusso via via più snello e più teso.

Gestione delle deviazioni

Il BPS dedica grande attenzione al rilievo delle deviazioni di sistema. L'obiettivo è generare un Quick Reaction System, come da Elemento del Punto CIP: un sistema in grado di reagire in maniera autonoma, strutturata e soprattutto rapida.

L'impulso parte dagli operatori o dai supervisori del progetto, che in caso di anomalia di comportamento del sistema segnalano un Open Point sull'apposito modulo OPL (Open Point List, area 4 del tabellone Punto CIP).

Tale modulo si configura come segue (Figura 63):

4. Open Points List											
Date	No.	Nome	Stazione/MAE	Deviazione	Causa alla radice/Descrizione	Stato rispetto al [X]	Azioni Azioni a lungo termine	Responsabile (Nome)	Fine? (Data)	Note	Stato
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕
											⊕

Team di risoluzione problema è definito
 In progresso
 Causa alla radice è chiara
 Chiuso

Figura 63. Modulo OPL (Open Point List)

In fase di apertura del punto, è obbligatoria la compilazione di data, rilevatore e descrizione della deviazione. Se la causa è evidente, e la deviazione può essere ricondotta a standard con immediatezza, sarà l'operatore stesso a farlo, segnalando opportunamente quanto avvenuto ("Azioni") e chiudendo consequenzialmente l'Open Point.

Se il problema è strutturale e richiede l'intervento di livelli gerarchici superiori, l'operatore è chiamato a coinvolgerli, coerentemente con il modello di Escalazione/Reazione pensato appositamente per il processo.



4. Open Points List												
Date	No.	Nome	Stazione/MAE	Deviazione	Causa alla radice/Descrizione	Guasto ripetitivo (X)	Azioni		Responsabile (Nome)	Fine? (Data)	Note	Stato
							Azioni a lungo termine					
26/08	1	Verdini	DURR	Lavaggio in ritardo corpi D204	Guasto 2 lavatrici		Escalazione MFO /pausa pianificata anticipata			26/08		
27/08	2	Verdini	DURR	Assenza kanban D195 (ore 8:45)			Avvisata LOG					

Figura 64. Esempio compilazione Open Point List (deviazioni fine Agosto)

La compilazione di questi documenti non deve essere fine a se stessa.

Quanto segnalato viene discusso nel corso del Punto CIP giornaliero: è possibile anche che, se si tratta di problemi ripetitivi, vengano stabilite "azioni a lungo termine" per eliminare il problema alla radice.

In aggiunta a ciò, deve essere eseguita una periodica analisi da parte dei responsabili circa quantità, frequenza, impatto e soprattutto cause delle deviazioni riscontrate.

Poniamo l'esempio del periodo successivo alle ferie estive (agosto-settembre, Figura 65).

Data	Descrizione deviazione	Causa alla radice	Categoria deviazione
26-ago	Lavaggio D204 in ritardo	Rottura due lavatrici	Guasto
27-ago	Assenza kanban D195 su lavatrice (ore 8:45)	Dimenticanza operatore Milkrun	Errore individuale
28-ago	Assenza kanban D195 su lavatrice (ore 9:30)	Grande quantità di materiale bloccato per difetti qualitativi	Problema strutturale
29-ago	Trovato in pallet prodotto finito 1 kanban di produzione interna (STAMA)	Errore operatore lavaggio, mancata segnalazione operatori successivi	Errore individuale
01-set	Mancato lavaggio D204	Rottura due lavatrici	Guasto
02-set	Lavaggio D204 quando sono presenti meno di 9 carte	Richiesta straordinaria di anticipo da Produzione	Problema strutturale
03-set	Assenza kanban D195 su lavatrice (ore 5:45)	Cliente non ha ritirato, carte non liberabili	Deviazione giustificata
04-set	Dolly in supermarket interno < 4	Ritardo nel liberare merce arrivata dal fornitore	Problema strutturale
04-set	Trovato in pallet prodotto finito 1 kanban di produzione interna (STAMA)	Errore operatore lavaggio, mancata segnalazione operatori successivi	Errore individuale
05-set	Assenza carte kanban al lavaggio	Carte kanban non liberabili	Deviazione giustificata
08-set	Dolly in supermarket interno < 4	Rottura STAMA	Guasto
09-set	FIFO > 9 dolly	Errore operatore	Errore individuale
17-set	Cambio tipo non eseguito perché in FIFO presenti 8 dolly (a SAP dichiarati 9)	Errore operatore	Errore individuale
22-set	Assenza carte kanban al lavaggio	"Sparizione" 12 carte dal flusso	Problema strutturale

Figura 65. Raccolta Deviazioni (agosto-settembre)

Nell'analisi, abbiamo provveduto ad individuare prima la causa alla radice, che corrisponde ad un evento puntuale: tali eventi puntuali sono però stati successivamente ricondotti a cluster standard, in modo da individuare le categorie più frequenti.

La Figura 66 mostra la numerosità di accadimento di ogni cluster di deviazioni all'interno del periodo analizzato.

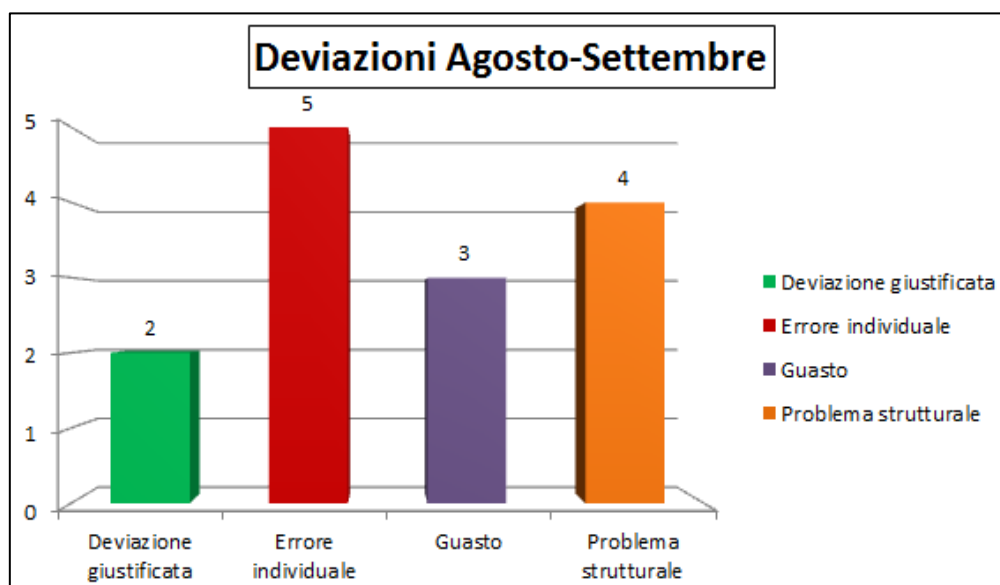


Figura 66. Clusterizzazione deviazioni (agosto-settembre)

Seppur l'errore umano non sia categoria eliminabile in toto, ci è parso eccessivo che il cluster degli errori individuali rappresentasse la categoria di deviazione più frequente. Per rimediare a questo fatto, abbiamo ripreso e ripetuto parte della formazione agli operatori, utilizzando come base di partenza situazioni produttive reali, casi limite ed errori commessi.

Abbiamo notato come anche il cluster dei "problemi strutturali" abbia numerosità relativamente rilevante: caso interessante, delle quattro deviazioni appartenenti a questa categoria la metà coinvolge enti e/o aspetti dell'organizzazione che non sono strettamente collegati al progetto in sé (l'Accettazione e la Qualità). Questa "scoperta" ha reso necessari accorgimenti, come l'apporto di piccole modifiche al giro Milkrun in modo da velocizzare l'ingresso del materiale nell'area Officina.

Quest'ultima osservazione, in particolare, conferma la natura sistemica di ogni organizzazione, nonché la necessità di possedere una visione olistica: il comportamento di un elemento influenza gli altri ben al di là di quanto potrebbe suggerire una prima superficiale valutazione.

Gli accorgimenti introdotti hanno mostrato un immediato impatto positivo: la Figura 67 mostra le deviazioni rilevate nel successivo mese di ottobre.

Data	Descrizione deviazione	Causa alla radice	Categoria deviazione
07-ott	Assenza kanban D195 su lavatrice (ore 12:00)	Cliente non ha ritirato, carte non liberabili	Deviazione giustificata
09-ott	Dolly in supermarket < 4	Manutenzione macchine interne	Guasto
10-ott	Dolly in supermarket < 4	Mancanza personale per corso di formazione	Problema strutturale
21-ott	Lungo stop ai lavaggi perché corsie FIFO piene	Guasto alle linee di montaggio	Guasto
21-ott	Dolly in supermercato senza carta kanban	Dimenticanza dell'operatore	Errore individuale
23-ott	Assenza carte kanban al lavaggio	Carte kanban non liberabili	Deviazione giustificata
29-ott	Dolly in supermarket > massimo	Errore nell'invio al fornitore	Problema strutturale

Figura 67. Raccolta deviazioni (ottobre)

L'analisi ha evidenziato un generale miglioramento: la numerosità complessiva è più che dimezzata.

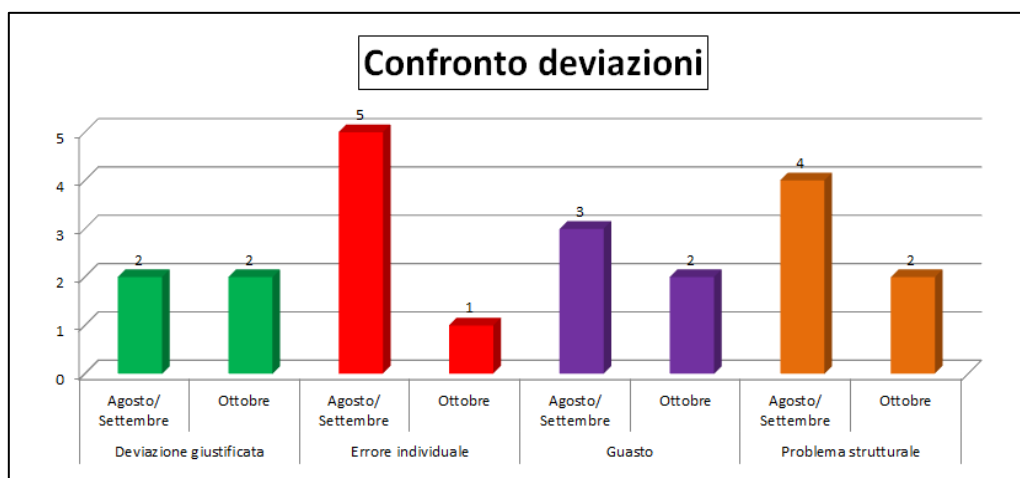


Figura 68. Confronto deviazioni

Il contributo degli errori individuali si è ridotto notevolmente: questo testimonia l'efficacia della formazione mirata. Anche la numerosità dei cosiddetti "problemi strutturali" è calata: tuttavia, abbiamo notato che entrambe le deviazioni verificatesi in questo senso hanno interessato il supermarket pre Washing. Implementare un controllo più stringente in quest'area appare così il prossimo step da affrontare nell'ottica del miglioramento continuo.

5. Risultati

Il monitoraggio presentato nel capitolo precedente è stato protratto per i mesi di settembre ed ottobre: una volta che le procedure sono state pienamente assimilate e le deviazioni strutturali eliminate, siamo passati alla fase di Analisi risultati e Daily Management.

Nel Capitolo 3, gli obiettivi posti al progetto “Consumption Control: Pacemaker Movement from Assembly to Machining” sono stati strutturati come segue:

- Riduzione delle scorte complessive → - **40%**
- Riduzione delle scorte tra Sala Bianca ed Officina:
(17 + 12 + 16) = 45 kanban → (12 + 9) = 21 kanban → - **53,3%**
- Riduzione del Lead Time: 7,35 giorni → 5,90 giorni → - **20%**
- Saving in termini di attrezzature e costi di esercizio
- Numero di loop: 2 → 1

Partiamo dagli ultimi punti, la cui valutazione è pressoché immediata.

Il processo Pacemaker all'interno del flusso è stato movimentato con successo alla stazione di lavaggio: ciò significa che da questo punto in poi esiste effettivamente un unico kanban loop.

Contestualmente alle operazioni di “semplice” spostamento, abbiamo intrapreso una razionalizzazione del flusso che ha permesso di ottenere saving di varia natura, tanto in area Machining quanto in area Assemblaggio. Nella prima, lo spegnimento di una macchina addetta al lavaggio ha portato ad un risparmio in costi di esercizio di circa mille euro mensili; nell'altra, l'eliminazione di una linea di montaggio ha ridotto complessità, costi di gestione, di manutenzione e di energia relativi alla Sala Bianca, nonché il numero di operatori coinvolti nel flusso.

Anche l'inserimento in linea delle attività precedentemente svolte da un banco dedicato di controllo visivo ha permesso una riduzione del personale dedicato, oltre a benefici in termini di lead time che stiamo per analizzare.

Gli operatori in eccedenza sono stati destinati ad altre attività; lo spazio risparmiato in Sala Bianca è stato destinato al mock-up in cartone per la simulazione di nuove linee di assemblaggio.

La definizione dei risultati raggiunti in termini di scorte e Lead Time, per contro, è più articolata.

In un sistema pull efficiente, con il calo dei volumi di vendita avviene contestualmente una riduzione delle scorte *in plant*: si tratta di una conseguenza naturale, che prescinde dallo spostamento del Pacemaker.

Anche senza l'implementazione del progetto, dunque, confrontare le scorte medie di sistema ad ottobre con quelle di marzo/aprile avrebbe fatto riscontrare una complessiva riduzione: ciò rende più complesso individuare il beneficio reale imputabile al progetto.

Perciò, come anticipato in fase di contestualizzazione del progetto, per valutare correttamente la riduzione di stock è stato necessario analizzare il Lead Time di attraversamento di taluni punti critici, oltre all'andamento prettamente quantitativo delle scorte nominali: in altre parole, considerare le scorte in termini di tempo, come copertura della domanda cliente.

Per il solo effetto del calo dei volumi di vendita, infatti, noteremmo una contrazione dello stock solamente da un punto di vista quantitativo, mentre il relativo Lead Time rimarrebbe inalterato: ciò significherebbe inequivocabilmente che i benefici apportati dallo spostamento del pacemaker in quel punto sarebbero, in termini di riduzione scorte, nulli.

Nel periodo appena indicato (da aprile ad ottobre 2014) le vendite delle due pompe D195 e D204 hanno subito un calo complessivo (Figura 69):

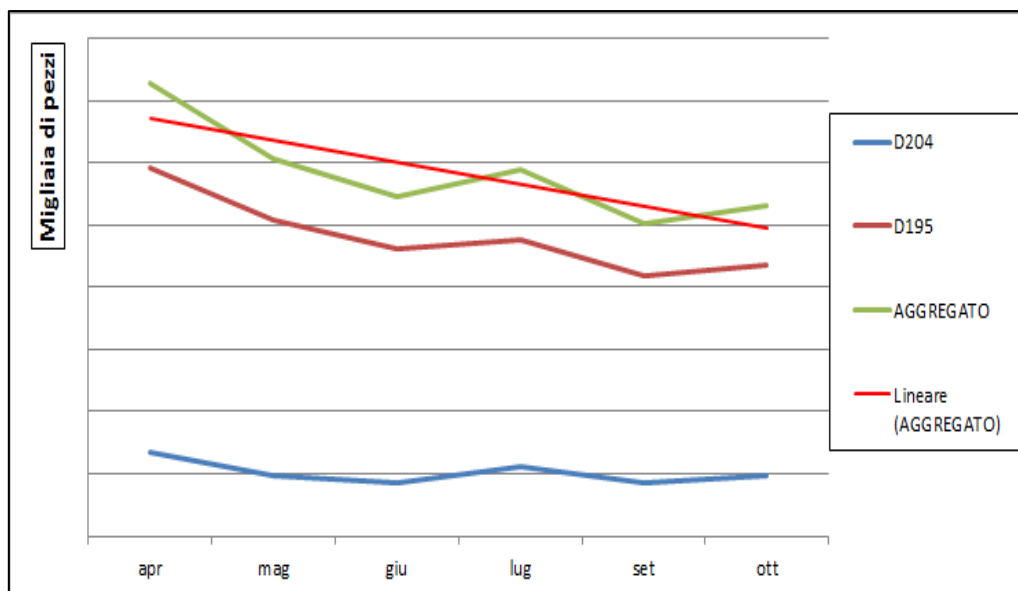


Figura 69. Trend delle vendite mensili periodo aprile-ottobre

Per motivi di riservatezza, sono stati omessi dati numerici sensibili: il grafico è in migliaia di pezzi. Il mese di agosto è stato tralasciato, in quanto poco significativo perché largamente occupato dalla chiusura estiva: l'anticipo di produzione e vendita dovuto alla chiusura è alla base del piccolo incremento mostrato nel mese di luglio.

Il calo è complessivamente stimabile intorno al 23% (aggregato per i due prodotti): ad avere sofferto maggiormente di questa situazione è il D195, mentre le vendite di D204 hanno subito una contrazione più modesta.

Con questi dati, possiamo passare ad analizzare gli effetti del progetto sulle scorte.

Tale analisi risulta indubbiamente più analitica rispetto alle considerazioni qualitative espresse finora: ecco perché in questa analisi lo strumento principale di cui ci siamo avvalsi è la raccolta dati operata dal sistema informatico gestionale nel corso dei mesi. A questo proposito, abbiamo a lungo dibattuto su quali dati fossero più consistenti per l'analisi, se le medie mensili oppure i massimi.

Abbiamo infine optato per questi ultimi: confrontare i massimi è la soluzione che meglio si allinea alle norme proposte dalla mappatura del flusso di valore.

5.1. Le scorte in process

Come già enunciato al momento di esporre il Value Stream Design, la razionalizzazione delle scorte dovuta alla movimentazione del Pacemaker ha interessato quattro distinti nodi, di cui tre di Work In Process: il supermercato che precede i lavaggi, le corsie FIFO di collegamento tra officina ed assemblaggio ed il banco di controllo visivo posizionato successivamente alla linea di montaggio.

Le prime due aree hanno subito una modifica alla loro struttura, compiendo ciascuna un passo avanti nella scala gerarchica lean: la prima è passata da stock indefinito a supermercato, la seconda da supermercato a corsia FIFO.

Per quanto riguarda le corsie FIFO che alimentano la Sala Bianca, l'analisi non ha fatto altro che confermare quanto previsto dal Value Stream Design (Capitolo 3).

Infatti, una volta appurato, attraverso il monitoraggio, l'avvenuto rispetto delle procedure e del tetto massimo di inserimento dolly, lo stock massimo concesso

nella configurazione attualmente installata è stato rapportato al massimo del supermercato presente prima del progetto (Tabella 6).

	Corsie FIFO pre Assembly		
	D195	D204	Aggregato
	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)
Aprile	2610	1440	4050
Ottobre	1080	810	1890
Riduzione %	-58,6%	-43,8%	-53,3%

Tabella 6. Risultati WIP tra Machining ed Assembly (stock)

Il risultato prefissato è stato raggiunto: il Work In Process in quest'area è stato complessivamente ridotto di oltre il 50%.

La riduzione è stata ulteriormente maggiore se si considera il solo corpo D195.

- $(D195 + D204)_{pre\ Assembly} \rightarrow -53,3\%$

In termini di Lead Time, cioè facendoci carico nell'analisi numerica anche calo di domanda cliente verificatosi rispetto alla situazione iniziale, la è la seguente (

Tabella 7):

	Corsie FIFO pre Assembly		
	D195	D204	Aggregato
	Lead Time	Lead Time	Lead Time
Aprile	0,51 gg	1,33 gg	1,33 gg
Ottobre	0,27 gg	0,81 gg	0,81 gg
Riduzione %	-47,1%	-39,1%	-39,1%

Tabella 7. Risultati WIP tra Machining ed Assembly (Lead Time)

Quando si parla di stock, per “Aggregato” intendiamo il cumulato complessivo delle scorte: il valore di Lead Time aggregato, viceversa, corrisponde al maggiore tra i due tempi di attraversamento.

Tale ottica spiega quanto appena mostrato e verrà adottata anche successivamente.

Come si denota, la riduzione in termini di Lead Time è più contenuta rispetto al mero calcolo quantitativo dello stock, in quanto già in grado di “filtrare” i dati attraverso la domanda cliente.

In ogni caso, anche qui i risultati raggiunti sono notevoli: la riduzione sfiora il 40%, ed è superiore al 47% considerando solamente i corpi D195.

Per analizzare i risultati ottenuti presso il supermercato che precede il lavaggio, viceversa, è stato necessario un passaggio intermedio.

Prima del progetto, infatti, quest’area risultava configurata come uno stock indefinito, ragion per cui non esisteva un tetto massimo alle scorte presenti.

L’uniformità di metro di misura ci ha imposto di trovarne uno, seppur empirico: attraverso i dati immagazzinati dal sistema, abbiamo mappato la situazione delle scorte presenti in quest’area nel periodo immediatamente a ridosso dello start di progetto, vale a dire aprile/maggio 2014.

I rilievi sono stati effettuati con una frequenza di due a settimana ed hanno evidenziato la situazione sotto riportata (Figura 70).

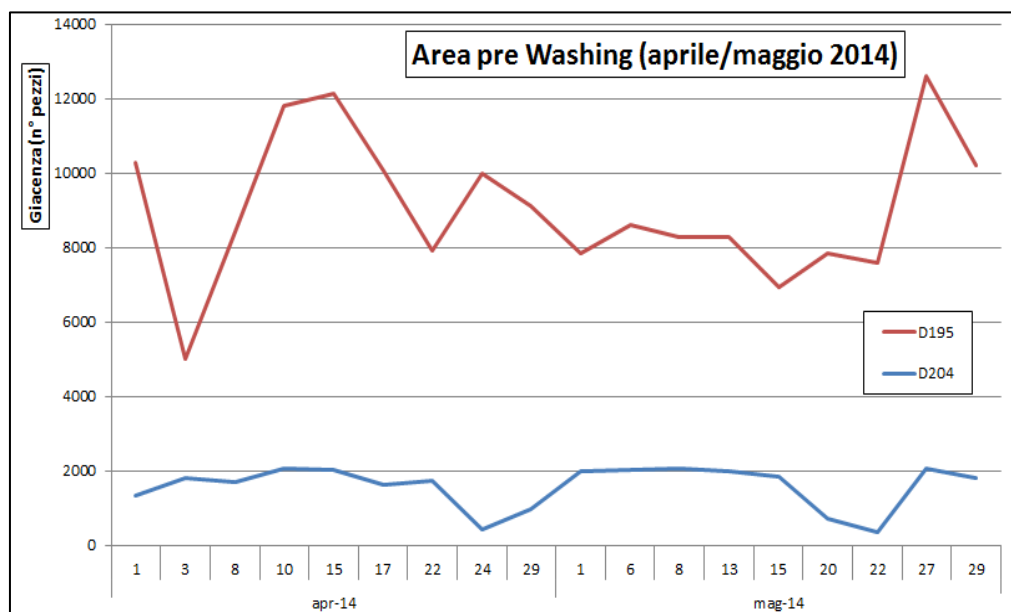


Figura 70. Situazione stock pre Washing periodo aprile/maggio 2014

I corpi D195 hanno toccato un picco di 12.600; 2.070 è stata invece la quantità massima rilevata per i D204. Abbiamo poi utilizzato questi dati come picco della situazione “as is” iniziale.

Nei mesi di sviluppo del progetto, la situazione è evoluta come rappresentato nel seguente grafico (Figura 71).

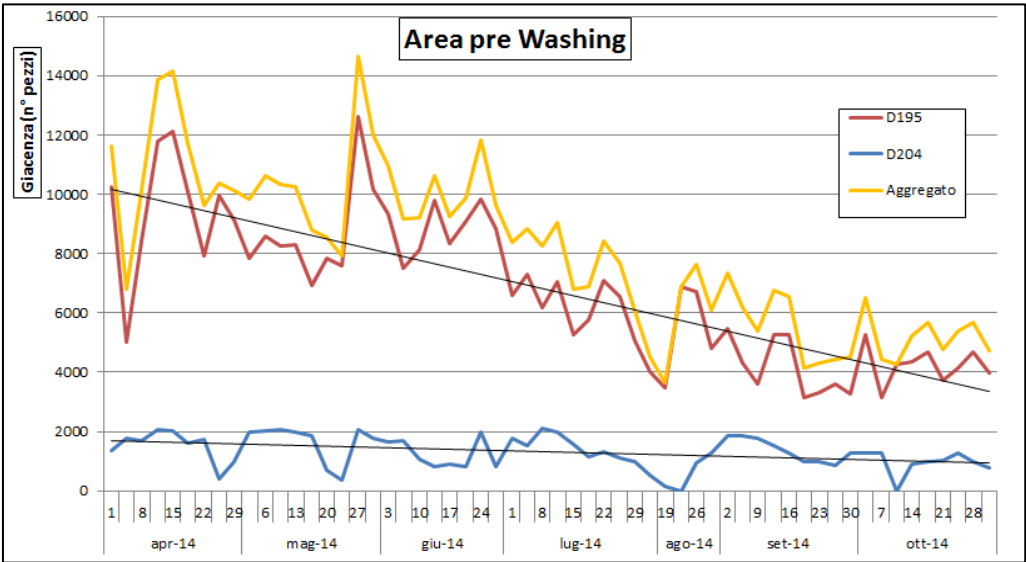


Figura 71. Evoluzione scorte area pre lavaggio

La riduzione di stock appare evidente, al pari del calo della variabilità: a beneficiarne maggiormente è stato ancora una volta il D195, anche se il trend di decrescita ha interessato entrambi i flussi.

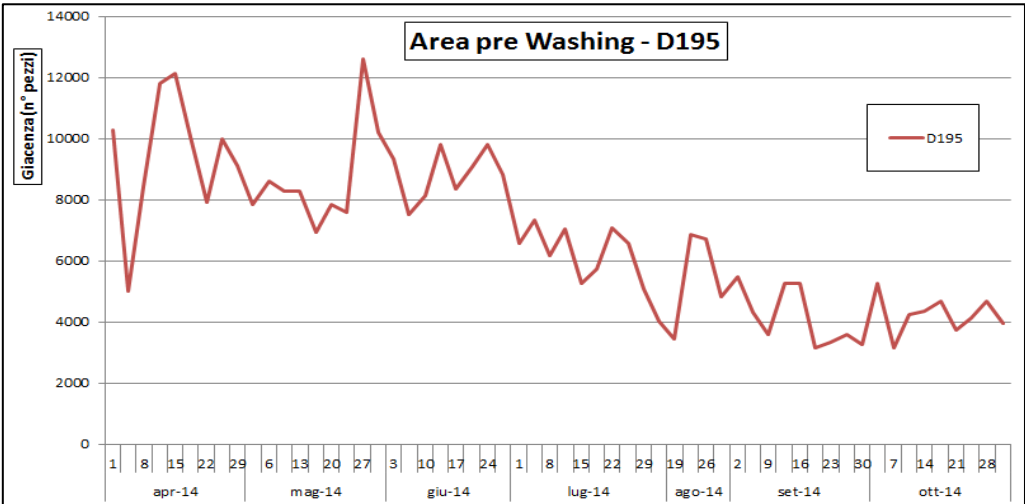


Figura 72. Corpi D195 pre-Washing

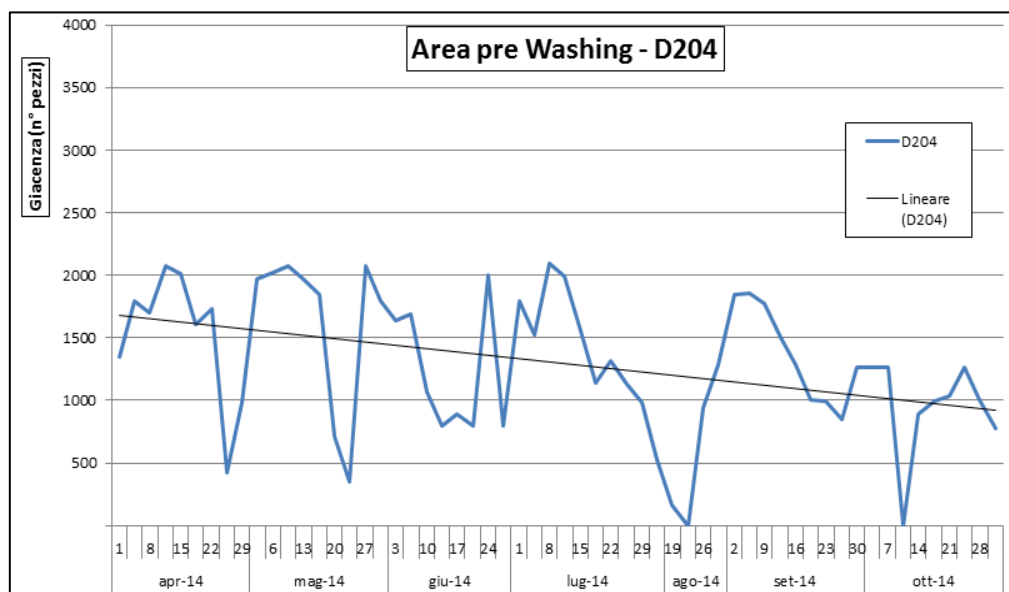


Figura 73. Corpi D204 pre Washing

Siamo dunque passati da una situazione di stock indefinito, con il massimo stock aggregato rilevato empiricamente, ad una situazione di supermarket, con massimo pianificato. Questo trend ha portato, nel mese di ottobre 2014, alla situazione evidenziata dalla Tabella 8.

	Supermercato pre Washing		
	D195	D204	Aggregato
	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)
Aprile	12600	2070	14670
Ottobre	4680	1260	5940
Riduzione %	-62,9%	-39,1%	-59,5%

Tabella 8. Risultati WIP pre lavaggio (stock)

La riduzione complessivamente ottenuta in quest'area è del 59,5%.

- $(D195 + D204)_{pre\ Washing} \rightarrow - 59,5 \%$

Analogamente a quanto fatto in precedenza, analizziamo i benefici ottenuti in questo nodo in termini di Lead Time (Tabella 9):

	Supermercato pre Washing		
	D195	D204	Aggregato
	Lead Time	Lead Time	Lead Time
Aprile	2,45 gg	1,6 gg	2,45 gg
Ottobre	1,35 gg	1,26 gg	1,35 gg
Riduzione %	-44,9%	-21,2%	-44,9%

Tabella 9. Risultati WIP pre lavaggio (Lead Time)

L'ultima area WIP interessata dal progetto è il controllo visivo posizionato, nell'Initial State, dopo la linea di assemblaggio.

In fase di Value Stream Design, la nostra proposta era stata quella di eliminarla in toto, in quanto superflua: in alternativa, modificare la conformazione di questa stazione in modo da rendere più fluido il flusso in questo tratto.

La valutazione circa le modalità è stata presa in carico da un team di collaborazione tra gli enti BPS, MFO1 (Produzione, lato assemblaggio), QMM (Quality Management Methods, in particolare l'ala che si occupa di qualità lato cliente) e TEF (Technical Functions, che si occupa di gestione dei metodi di lavoro, definizione procedure e standardizzazione, rilievo tempistiche).

Le operazioni di controllo visivo sono state messe a flusso, divise in diverse stazioni all'interno della linea di montaggio. Questa soluzione ha causato un modesto aumento del tempo ciclo della linea, più che compensato dall'eliminazione totale del banco post-assemblaggio, con annessi tempi di attesa ed inefficienze.

Per quanto riguarda questo specifico punto, dunque, il risultato è rappresentabile come segue:

	Banco di controllo visivo post Assembly	
	D195/D204	
	Quantità Max (pezzi)	Lead Time
Aprile	1080	0,21 gg
Ottobre	0	0 gg

Tabella 10. Risultati eliminazione banco di controllo

5.2. Le scorte di prodotto finito

L'ultimo contributo di cui tenere traccia è la giacenza di prodotto finito. Dagli articoli accademici illustrati nel corso del Capitolo 2, ci aspettiamo che questo supermercato abbia visto aumentare i propri giorni di copertura, a causa dell'aumento del tempo di risposta del sistema provocato dallo slittamento a monte del processo Pacemaker: quanto all'ammontare numerico delle scorte, per contro ci aspettiamo una riduzione, causata dal già discusso calo delle vendite. Analizziamo la situazione reale attraverso i dati forniti dalla Tabella 11.

	Supermercato Finished Goods		
	D195	D204	Aggregato
	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)	Quantità max (pezzi)
Aprile	8640	4320	12960
Ottobre	8370	3510	11880
Riduzione %	-3,1%	-18,8%	-8,3%

Tabella 11. Risultati Prodotto Finito (stock)

Come previsto, nominalmente anche il supermarket sembra calato, anche se in misura minore rispetto al WIP precedentemente analizzato.

- $(D195 + D204)_{Prodotto\ Finito} \rightarrow -8,3\%$

L'analisi effettuata sul Lead Time testimonia la bontà delle previsioni effettuate: le dimensioni del supermarket Prodotto Finito sono aumentate.

	Supermercato Finished Goods		
	D195	D204	Aggregato
	Lead Time	Lead Time	Lead Time
Aprile	1,68 gg	3,36 gg	3,36 gg
Ottobre	2,02 gg	3,51 gg	3,51 gg
Riduzione %	+ 20,2%	+ 4,5%	+ 4,5%

Tabella 12. Risultati Prodotto Finito (Lead Time)

Così come accaduto in precedenza, il D195 amplifica gli effetti ottenuti in media: il suo supermercato dedicato è arrivato a superare i due giorni di copertura, maggiore di circa il 20% rispetto alla situazione iniziale.

Per la piena comprensione degli effetti che la movimentazione del pacemaker ha comportato sul supermarket di prodotto finito, è molto interessante analizzare in dettaglio le dinamiche dietro il suo dimensionamento.

Partiamo dalla formula Bosch per il calcolo delle carte kanban in un loop chiuso: tale formula è stata ampiamente discussa nel corso del capitolo 2, per cui ci limiteremo a riportarla.

$$K = RE + LO + WI + SA \quad (3)$$

dove K = numero carte kanban

RE = Replenishment time coverage

LO = Lot size coverage

WI = Withdrawal peak coverage

SA = Safety Time coverage.

Il massimo del supermercato di competenza del loop verrà poi dimensionato così:

$$MAX_{smkt} = 0,8 * K$$

Prendiamo ora, per semplicità, il solo D195: ad aprile il massimo del supermercato era stato dimensionato a 8.640 pezzi (pari a 32 carte kanban); ad ottobre 8.370 pezzi, pari a 31 carte kanban.

Analizziamo il calcolo scomponendo nei vari contributi intermedi.

$$K_{APRILE} = RE + LO + WI + SA = 18 + 0 + 16 + 4 = 38$$

$$MAX_{APRILE} = 0,8 * K = 31$$

$$K_{OTTOBRE} = RE + LO + WI + SA = 24 + 0 + 8 + 8 = 40$$

$$MAX_{OTTOBRE} = 0,8 * K = 32$$

A fronte di massimi molto simili, le logiche con le quali siamo arrivati a questi dimensionamenti differiscono sensibilmente, e traducono perfettamente gli effetti che il progetto ha avuto sulle giacenze di prodotto finito.

RE è aumentato, come ci si aspettava. Esso rappresenta il numero di carte kanban necessarie a coprire la domanda cliente nel periodo di replenishment (RT_{loop}).

La domanda cliente è calata, ma in compenso il periodo di replenishment è aumentato in maniera più che proporzionale, a causa dello slittamento a monte del pacemaker.

Contestualmente, WI è decresciuto: le ragioni per questo fatto sono immediatamente comprensibili attraverso un semplice sguardo alla formula.

$$WI = \frac{WA}{NPK} - RE - LO \quad (6)$$

Tanto più RE aumenta, tanto più WI si riduce, fino al limite di diventare nullo.

Da ultimo, si nota un aumento nel contributo offerto dal fattore di sicurezza SA: in particolare, ad essere aumentato è SA_2 , la protezione da fluttuazioni nella domanda cliente.

Questo fattore è direttamente proporzionale al massimo aumento percentuale di domanda effettuato dal cliente nel RT_{loop} : di conseguenza, aumentando l' RT_{loop} è probabile che aumenti anche il fattore di sicurezza associato.

5.3. Il risultato finale

A questo punto, possiamo trarre le conclusioni finali, mettendo insieme i vari contributi misurati. La tabella seguente riassume quanto detto finora, confrontando gli stati del sistema ad aprile e ad ottobre rispettivamente per il D195, D204 e per il flusso aggregato.

			Supermarket Pre Washing	WIP tra Officina ed Assemblaggio	Banco di controllo Visivo	Supermarket Prodotto Finito	Totale	Risultato
D195	Aprile	Stock (pezzi)	12600	2610	1080	8640	24930	
		Lead Time (giorni)	2,45	0,51	0,21	1,68	4,85	
	Ottobre	Stock (pezzi)	4680	1080	0	8370	14130	-43,32%
		Lead Time (giorni)	1,35	0,27	0	2,02	3,64	-24,95%
D204	Aprile	Stock (pezzi)	2070	1440	1080	4320	8910	
		Lead Time (giorni)	1,6	1,33	0,21	3,36	6,50	
	Ottobre	Stock (pezzi)	1260	810	0	3510	5580	-37,37%
		Lead Time (giorni)	1,26	0,81	0	3,51	5,58	-14,15%
Aggregato	Aprile	Stock (pezzi)	14670	4050	2160	12960	33840	
		Lead Time (giorni)	2,45	1,33	0,21	3,36	7,35	
	Ottobre	Stock (pezzi)	5940	1890	0	11880	19710	-41,76%
		Lead Time (giorni)	1,35	0,81	0	3,51	5,67	-22,86%

Tabella 13. Riassunto risultati finali

Notiamo che entrambi i flussi (D195 e D204) hanno goduto di grossi benefici dall'implementazione del progetto.

Lo stock di corpi D195 si è ridotto di oltre il 43%, ed il suo Lead Time di circa il 25%: allo stesso modo, i corpi D204 sono il 37,4% in meno rispetto ad aprile, ed il tempo di attraversamento del sistema si è ridotto di quasi un giorno (da 6,50 a 5,58 giorni, - 14,2%).

Per quanto riguarda il dato aggregato, che è quanto a noi importa maggiormente, i risultati numerici sono i seguenti:

- Scorte complessive → **- 41,8%**
- Lead Time: da 7,35 giorni a 5,67 giorni → **-22,9%**

I target prefissati in sede di definizione del progetto sono dunque stati raggiunti e superati.

Il Final State, a consuntivo, si presenta come nella Figura 74.

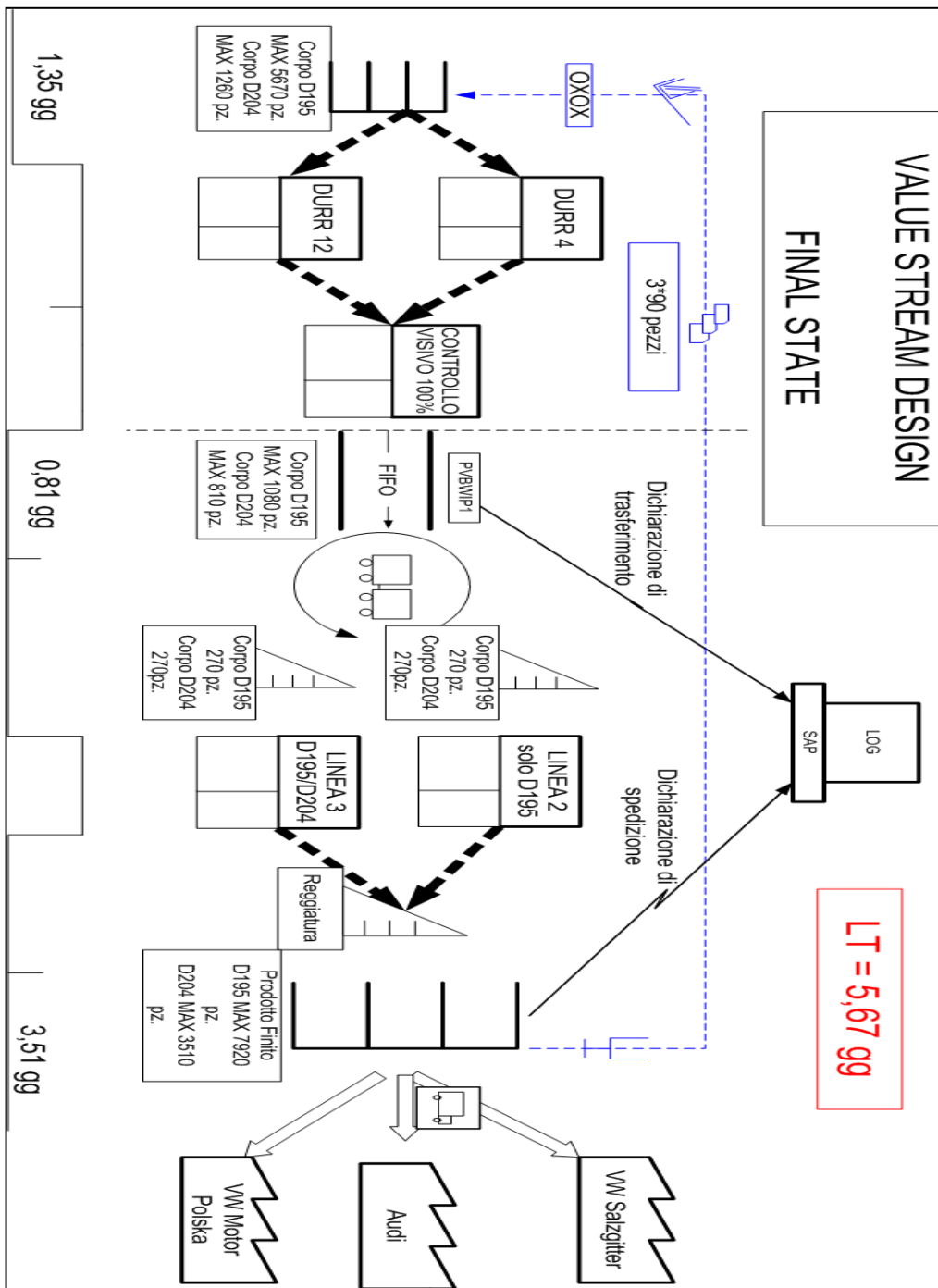


Figura 74. Final State

6. Considerazioni e conclusioni

6.1. Il punto di vista interno

Il progetto “Consumption Control: Pacemaker Movement from Assembly to Machining” ha rappresentato un argomento molto dibattuto all’interno di VHIT S.p.A.

Una collaborazione così prolungata ed assidua tra tutti gli enti coinvolti (principalmente Logistica e Produzione, ma con molti attori secondari) si è rivelata faticosa e dispendiosa, soprattutto perché rivolta ad una procedura unica nel suo genere a livello aziendale.

In generale, le più grosse rimostranze che sono state mosse al progetto da fonti interne hanno riguardato il grande dispendio di tempo necessario (riunioni, aggiornamenti, cambi di procedure, Point CIP giornaliero), sovradimensionato rispetto agli altri progetti condotti in precedenza. Questa circostanza è però giustificata dal fatto di essere il primo esempio di movimentazione del pacemaker ed annessa razionalizzazione del flusso: in caso di replica, le economie di apprendimento ridurrebbero notevolmente le attenzioni dedicate.

Altro punto di dibattito, su cui vale la pena spendere una riflessione e su cui esistono indubbi margini di miglioramento, è il livellamento del carico di lavoro presso le prime stazioni del loop (lavaggio e controllo visivo): le fluttuazioni verificate hanno creato qualche perplessità.

La situazione ideale per ovviare a questa specifica problematica prevede una totale flessibilità da parte degli operatori, che devono essere in grado di occuparsi di altri processi nel momento in cui la loro attività principale attraversa un momento di calo strutturale. D’altra parte, però, il sistema produttivo deve essere il primo a permettere e stimolare questa flessibilità, sia da un punto di vista impiantistico/strutturale sia, soprattutto, organizzativo.

Per ridurre la frequenza del problema deve esistere una preventiva e sistemica attività di livellamento del carico di lavoro sia degli operatori sia delle attrezzature: tale attività, nel caso del progetto in esame, è stata svolta solamente a sprazzi.

Sono sorte, nel corso dei mesi, anche perplessità legate all'aumento (previsto, e puntualmente verificato) del supermercato di prodotto finito, giudicato poco opportuno in un'azienda in cui tenere basso il livello dei magazzini è stato spesso un refrain.

In realtà, questo punto rappresenta a tutti gli effetti una leva gestionale.

La decisione di VHIT è stata quella di rendere maggiormente esplicita la propria natura Make To Stock: creando un maggior disaccoppiamento, in grado di assorbire le fluttuazioni del mercato, il risultato è ottenere un flusso più livellato e bilanciato, riducendo l'effetto Bullwhip sugli step precedenti.

A questo si lega il ragionamento fatto in precedenza, circa la necessità di migliorare ulteriormente le capacità interne in questo senso.

Al di là degli spunti di miglioramento appena esposti, il progetto ha ricevuto feedback ampiamente soddisfatti da più parti, supportati e motivati dall'esposizione dei risultati finali.

Il lavoro è stato visto come una riuscita collaborazione ed un'esperienza formante: gli attori coinvolti hanno potuto guardare al flusso da punti di vista differenti rispetto al solito, entrando in contatto con le esigenze delle stazioni precedenti e successive oppure di enti diversi dal proprio.

Da questo punto di vista, il progetto ha avuto il merito di diffondere un'ottica di insieme, laddove è prassi lavorare in maniera compartimentale.

Fondamentale ed apprezzato è stato il tentativo di rendere partecipi anche gli operatori, tanto nella raccolta dati quanto nelle spiegazioni degli obiettivi e metodologie: ciò ha permesso di far penetrare il progetto in profondità, rendendolo condiviso e non imposto dall'alto.

I risultati ottenuti in termini di riduzione stock ed aumento della flessibilità di sistema sono stati riconosciuti ed apprezzati universalmente.

In sintesi, la valutazione dello sviluppo del progetto è stata oltremodo positiva, al di là dei risultati numerici: questo porta alla definizione di una serie di possibili affinamenti e step aggiuntivi.

6.2. Next Steps

Nella tanto decantata ottica del Continuous Improvement Process, ogni punto di arrivo può essere considerato come un punto di partenza: di conseguenza, ogni Target State può diventare un nuovo Initial State.

Ecco perché, anche in presenza di un progetto di successo come quello in esame, vengono immediatamente individuate aree su cui implementare soluzioni ulteriormente migliorative.

I possibili sviluppi futuri del progetto di spostamento del pacemaker sono molteplici ed implicano direzioni e scelte differenti, anche se potrebbero essere viste come sequenziali in un'ottica di lungo termine.

1) Step di distinta base

Quanto esposto finora ha condotto a risultati eccellenti, ma non va dimenticato che l'intero progetto si è focalizzato unicamente sul flusso dei corpi, per una serie di ragioni già dettagliate.

Il consumo del corpo della pompa ha ragione di rimanere il segnale che guida la produzione, ma nulla impedisce, una volta razionalizzato il flusso che "tira" il resto, di lavorare anche sugli altri componenti.

Nel nostro caso, la minuteria segue logiche radicalmente diverse quanto ad approvvigionamento ed inserimento nel flusso, ma gli altri due componenti lavorati presenti all'interno della distinta base (coperchio e rotore) possono essere oggetto di analisi ed ottimizzazione.

Si tratta senza dubbio dello sviluppo più immediato, più semplice e che presenta minori rischi.

2) Ulteriore step a monte

Il pacemaker è ora localizzato sul lavaggio, in area Lavorazioni Meccaniche: alle sue spalle, il supermercato lo disaccoppia dalla prima parte del flusso, che fa capo alle macchine di lavorazione interna (D195) o al fornitore dei semilavorati (D204). Una possibile evoluzione di quanto fatto finora potrebbe essere quella di spostare il segnale di produzione ancora più a monte, recapitandolo direttamente alla prima stazione del flusso.

Ciò permetterebbe di costruire un flusso con punti di arresto ridotti, e costituirebbe un notevole passo avanti nell'ottica di costruire un sistema

integrato (o addirittura una supply chain integrata, se attuato il Pull direttamente con il fornitore).

Per contro, rimane uno step ad elevata difficoltà di implementazione, che necessita perfetto bilanciamento e dove un dimensionamento scorretto esporrebbe l'intero flusso ad elevati rischi ed inefficienze.

3) Step orizzontale

L'ultimo possibile piano di sviluppo prevede di replicare il processo appena descritto su altri flussi e altri prodotti.

Le economie di apprendimento renderebbero meno onerosa l'implementazione rispetto a quanto sperimentato con il progetto di tesi: la grande differenza rispetto ai precedenti due è che in questo caso l'analisi dovrebbe ricominciare da zero, trattando flussi completamente nuovi.

Risulta fondamentale, in quest'ottica, riuscire ad individuare le specificità e le aree che presentano i margini di miglioramento più consistenti: al di là della struttura concettuale, non è detto che le attività operative svolte sui flussi esaminati in questo lavoro possano allargarsi ad altre realtà in maniera indistinta.

Bibliografia

Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J., “*Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*”, International Journal of Production Economics 107 223–236, 2007

Dedari P., “*Measuring the impact of Lean Techniques on performance indicators in Logistic operations*”, Karlsruhe Institute for Technology, 2013

Domingo, R., Alvarez, R., Calvo, R., “*Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study*”, Assembly Automation, Vol. 27, pp.141 – 147, 2007

Goldratt, E.M., Cox, J., “*The goal. A process of ongoing improvement*”, North River Press, Massachusetts, USA, 1992

Harshitha, N. L., Ramakrishna, H., Madhvi, C., “*Reducing the lead time by implementing kanban based production in finish match grinding loop of delivery valve*”, International Journal of Management Research and Business Strategy, Vol. 2, No. 3, July 2013

Hines, P., Taylor D., “*Going Lean*”, Lean Enterprise Research Centre, 2000

Hines, P., Rich, N., “*The seven value stream mapping tools*”, International Journal of Operations and Production Management, 17: 146-64.

Modarress, B., Ansari, A., Lockwood D.L., “*Kaizen costing for Lean manufacturing: a case study*”, International Journal of Production Research, 43 9: 1751-1760, 2005

Monden, Y., “*Toyota Production System: An integrated approach to Just-In-Time*”, Industrial Engineering and Management Press, 2 Ed, 423, 1993

Robert Bosch GmbH, “*Bosch Production System Always Doing Better*”, BPS Handbook

Salgado, P., Varela L., “*Cellular Manufacturing with Kanban Optimization in Bosch Production System*”, Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Braga, Portugal, 2010

Serrano Lasa, I., De Castro V., Goienetxea Uriarte, A., “*Pacemaker, Bottleneck and Order Decoupling Point in lean production systems*”, International Journal Of Industrial Engineering, 2009

Shingo, S., “*A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*”, Portland, Oregon: Productivity Press, 1989

Sitografia

Bosch Worldwide

<http://www.bosch.com>

Bosch Italia

<http://www.bosch.it>

European Community

<http://ec.europa.eu>

Ringraziamenti

A Bruce. Al Pirata.

Al gabbiano Jonathan Livingston.

Alle piccole palle di neve nera del Kijiji Cha Furaha, che mi hanno aiutato più di quanto sapranno mai.

A tutti quelli con lo spirito grande.

A tutto il Wozebe, con cui sarei pronto ad andare in guerra.

Al Vecchio Frank, al Grande Pietro (benarrivato, a proposito), a Laura e Stefano. Al nonno.

Ah, già, a Luciana e ad Angelone.

Ma non perché siano persone straordinarie, o perché tutto ciò che conosco me lo hanno insegnato loro, o altre banalità affini che potrebbe scrivere un bambino di cinque anni. Lo sanno già tutti, quello.

Devo ringraziarli, se non altro, perché tutti questi anni di tasse universitarie me li hanno pagati loro.

Loca