



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

## **Soluzioni di Lean Production per Impianti Industriali**

### **Lean Production Solutions for Industrial Plants**

Relatore: Chiar.mo Prof. Ing.

**Filippo Emanuele Ciarapica**

Prof. Ing.:

**Filippo Emanuele Ciarapica**

Tesi di Laurea di:

**Andrea Allevi**

A.A. 2019 / 2020





# Sommario

<b>INTRODUZIONE</b> .....	9
<b>1. VALUE STREAM MAPPING</b> .....	12
<b>1.1 Valore</b> .....	12
<b>1.2 Flusso di Valore</b> .....	15
<b>1.3 Mappatura</b> .....	16
<b>1.4 Muda</b> .....	20
<b>1.5 Flusso di Materiale ed Informazioni</b> .....	22
<b>1.6 Famiglia di Prodotti</b> .....	23
<b>1.7 Value Stream Manager</b> .....	26
<b>1.8 Passi da Seguire nell'Implementazione</b> .....	27
<b>1.9 Current State Map</b> .....	30
<b>1.10 Documentare Lo Stato Attuale</b> .....	37
<b>1.10.1 Prima Percorrenza del Flusso</b> .....	37
<b>1.10.2 Impostazione della Mappa</b> .....	39
<b>1.10.3 Seconda Percorrenza del Flusso</b> .....	45

<b>1.11</b>	<b>Flusso di Valore Snello.....</b>	<b>48</b>
1.11.1	Takt Time.....	49
1.11.2	Lavorare con un Flusso Continuo .....	50
1.11.3	Interruzione del Flusso Continuo – Supermarket Pull System.....	50
1.11.4	Pacemaker Process.....	53
1.11.5	Livellare il Mix di Produzione.....	54
1.11.6	Livellare il Volume di Produzione .....	55
<b>1.12</b>	<b>Future State Map .....</b>	<b>57</b>
1.12.1	Rimozione di Lavoro.....	59
1.12.2	Aggiunta di Lavoro .....	60
1.12.3	Gestione del Lavoro .....	61
<b>1.13</b>	<b>Raggiungimento dello Stato Futuro .....</b>	<b>67</b>
1.13.1	Suddividere il Lavoro in Fasi.....	67
1.13.2	Value Stream Plan.....	68
<b>2.</b>	<b>CREARE UN FLUSSO CONTINUO.....</b>	<b>71</b>
<b>2.1</b>	<b>Flusso Continuo.....</b>	<b>71</b>
2.1.1	Definizione di Cella .....	73
2.1.2	Team del Continuous Flow.....	73
<b>2.2</b>	<b>Le Fasi del Processo .....</b>	<b>74</b>
<b>2.3</b>	<b>“Keep It Flowing” .....</b>	<b>75</b>

<b>2.4</b>	<b>Linee Guida .....</b>	<b>76</b>
2.4.1	Prodotti per la Cella.....	76
2.4.2	Takt Time.....	78
2.4.3	Lavoro .....	80
2.4.4	Tempo.....	81
2.4.5	Macchine a Disposizione.....	83
2.4.6	Automazione .....	84
2.4.7	Cell Design .....	85
2.4.8	Numero di Operatori .....	88
2.4.9	Assegnazione del Lavoro .....	89
2.4.10	Programmazione del Pacemaker .....	90
2.4.11	Variazione della Domanda dei Clienti.....	91
<b>2.5</b>	<b>Implementazione del Flusso Continuo .....</b>	<b>92</b>
2.5.1	Mantenere il Flusso .....	94
2.5.2	Continuare a Migliorare.....	94
<b>3.</b>	<b>CASE STUDY: “ABS PLANT” .....</b>	<b>97</b>
3.1	Sistemi di Simulazione a Supporto della VSM.....	99
3.2	Descrizione dell’Impianto.....	100
3.3	Current State Map .....	102
3.4	Future State Map .....	106

3.4.1	Quanto vale il Takt Time?.....	107
3.4.2	La produzione sarà destinata alla Spedizione o ad un Supermarket di Prodotti Finiti? .....	107
3.4.3	Dove dovranno essere posizionati i Pull System all'interno del flusso? .....	108
3.4.4	Dove può essere utilizzato il Flusso Continuo?.....	109
3.4.5	Dove posizionare il Pacemaker Process? .....	110
3.4.6	Come livellare la produzione al Pacemaker?.....	110
3.4.7	Quale sarà il Pitch costantemente rilasciato al Pacemaker? .....	112
3.4.8	Quale miglioramento del processo sarà necessario affinché si possa raggiungere lo Stato Futuro? .....	114
3.5	Strumenti per il Miglioramento dei Processi.....	114
3.5.1	Sistema di Produzione.....	115
3.5.2	Totale della Manutenzione Produttiva.....	116
3.5.3	Riduzione dei Tempi di Setup .....	117
3.6	Modello di Simulazione.....	118
3.7	Risultati della Simulazione .....	121
3.8	Mapa dello Stato Futuro .....	124
	<b>CONCLUSIONE</b> .....	127
	<b>BIBLIOGRAFIA &amp; SITOGRAFIA</b> .....	129







# INTRODUZIONE

In questa tesi sono stati descritte le principali teorie e le basi su cui si fonda la *Lean Manufacturing*.

Oltre ad una descrizione puramente teorica verranno introdotti dei metodi sistematici per effettuare le varie analisi e per implementare le varie tecniche trattate. L'insieme di questi concetti e tecniche sono stati raccolti dai principali testi riguardanti la *Lean Production*.

L'obiettivo di queste tecniche, è il raggiungimento di una situazione ottimale nella produzione. Questo consente di ridurre notevolmente gli sprechi, i tempi di produzione e di conseguenza anche i costi di esercizio.

L'applicazione di queste tecniche non è sempre semplice, infatti richiede un radicale cambiamento su tutti i livelli rispetto alle situazioni produttive classiche che ritroviamo nella maggior parte degli impianti, ma che, come vedremo, può portare a significativi vantaggi.

La seguente trattazione è divisa in tre macro-capitoli.

Nel primo capitolo è presente un'introduzione ai concetti fondamentali della *Lean Production*, con una descrizione dettagliata del processo di costruzione di una Mappa dello Stato Futuro, a partire da una Mappa dello Stato Attuale.

Nel secondo capitolo ritroviamo il passaggio successivo, ossia il sostenimento di queste tecniche e l'implementazione sempre più allargata di un Flusso Continuo di Produzione ove possibile. Qui in particolare lo analizzeremo a livello del *Pacemaker Process*.

Nel terzo ed ultimo capitolo è presente un esempio pratico di un'azienda siderurgica chiamata "ABS", al quale, attraverso un sistema simulativo, sono state applicate le tecniche di Mappatura del Flusso di Valore trattate nei capitoli precedenti per la riduzione degli sprechi e per migliorare notevolmente i processi.



# 1. VALUE STREAM MAPPING

## 1.1 Valore

Le teorie della *Lean Production* nascono dal concetto di “Valore”.

Come afferma Natalie J. Sayer:

*“il valore è il peso attribuito a qualcosa. Quel qualcosa può essere un bene, un servizio, o entrambi. Il valore può essere espresso in termini di denaro, uno scambio, un'utilità, un merito, o anche un principio o uno standard. Chi determina il valore? I clienti determinano il valore.”<sup>1</sup>*

Il settore *Lean* infatti afferma, che il “valore” è l'insieme delle caratteristiche aggiuntive o distintive che il cliente sarebbe disposto a pagare per quel determinato bene o servizio che intendiamo erogare. Pertanto, per la giusta implementazione dei sistemi snelli dovremmo “progettare e pensare” l'intero impianto in base a queste esigenze.

---

<sup>1</sup> Natalie J. Sayer et al., 2012, *Lean For Dummies*

Questo è naturalmente un concetto nuovo e molto diverso da quello abitualmente utilizzato dalla maggior parte degli impianti, nel quale si punta all'ottimizzazione dei singoli reparti o aree gestionali piuttosto che del complesso del "flusso".

Wakamatsu, allievo di Taiichi Ohno, sottolinea questo fondamentale aspetto nel suo libro:

*“Per acquisire una forte capacità nella produzione è necessario chiedersi continuamente: “Chi è per me il cliente?”. Il cliente cambia in modo incessante seguendo i cambiamenti della società. (...) Bisogna abbandonare un modello centrato sulla produzione e procedere cambiando il sistema produttivo in un’ottica centrata sul cliente.”<sup>2</sup>*

Ma come riconoscere il valore?

Esso dipende da una miriade di fattori, ma ciò che importa è che riescano a coesistere nel miglior modo all'interno del "ciclo del valore", in modo che ogni azione, step, lavorazione o fasi coinvolte nel nostro processo siano in grado di apportare un valore aggiunto, che il cliente può avvertire, e che lo predispone a pagare per ottenerlo.

Nella *Lean Production* analizziamo ogni attività o fase dei processi per la loro capacità di creare valore, come richiesto dai clienti. Idealmente, in un processo, qualsiasi attività dovrebbe essere completamente destinata alla creazione di valore aggiunto. Questo ovviamente è un concetto irraggiungibile a pieno, ma possiamo comunque avvicinarci ad

---

<sup>2</sup> Wakamatsu Y., 2016, *Il valore della produzione nel Toyota Production System*, Franco Angeli

esso eliminando o riducendo molti di quegli sprechi, sia di tempo che di materiale, che ci tenevano così lontani dall'idealità.

Purtroppo non tutte le attività a valore non aggiunto saranno eliminabili, perché alcune sono necessarie. Analizzeremo anche cosa fare in questi casi.

Per far sì che una attività sia a valore aggiunto devono essere tre i requisiti che la contraddistinguono:

- Il cliente deve essere disposto a pagare per quella attività
- Il processo deve in qualche modo trasformare il prodotto o servizio
- L'attività deve essere svolta correttamente al primo colpo

Come facciamo invece a riconoscere una attività a valore *non* aggiunto?

Grazie alla rigidità riguardante la definizione di attività a valore aggiunto risulta piuttosto semplice rispondere a questa domanda: una attività è *non* a valore aggiunto quando non rispetta contemporaneamente tutti e tre i requisiti precedentemente elencati, di conseguenza il cliente non sarà disposto a pagare per quel prodotto, e giudicherà quegli sforzi che state applicando come una perdita di tempo.

## 1.2 Flusso di Valore

Potrebbe essere la prima volta che sentite parlare di “Flusso di Valore”. Questo termine è nato da James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos nel libro che ha lanciato il movimento Lean, *La macchina che ha cambiato il mondo* (1990), e ulteriormente reso popolare da James Womack e Daniel Jones in *Lean Thinking* (1996). Un flusso di valore comprende tutte le azioni e i processi (sia quelli a valore aggiunto che a valore non aggiunto) che attualmente ritroviamo all'interno del nostro impianto per portare il prodotto attraverso i suoi flussi essenziali: il “flusso di produzione” che va dalla materia prima fino al prodotto completo che arriva alle braccia del cliente, e il “flusso di progettazione” che parte dall'idea del prototipo e arriva al lancio del prodotto nel mercato. Il flusso del valore può essere rappresentato e manifestarsi in diverse forme e può viaggiare in diverse direzioni, può partire dalle materie prime fino ad arrivare al prodotto finale, oppure andare ritroso partendo dal prodotto tra le mani del cliente fino all'approvvigionamento dai fornitori.

Quanti flussi di valore ha una attività? Generalmente questo numero può cambiare in base alla tipologia ed alla grandezza dell'azienda. Di solito quantifichiamo i flussi di valore valutando la domanda da parte di clienti interni ed esterni, ed il numero di prodotti in produzione nel nostro impianto che presentano notevoli diversità.

Le richieste di prodotti che passano attraverso lavorazioni e processi simili sono raccolte in “famiglie di prodotti”. Per ottenere il massimo dei benefici dall'analisi del flusso di valore, bisognerebbe migliorare e visualizzare quest'ultimo per ogni famiglia di prodotti all'interno del nostro impianto.



## 1.3 Mappatura

Come sostiene Karen Martin nel suo libro:

*“Le radici del Value Stream Mapping possono essere ricondotte ad una tecnica di mappatura visiva utilizzata al Toyota Motor Corporation nota come “Flussi di Materiale e Informazioni”. (...) abbiamo appreso che l’attenzione di Toyota per la comprensione del flusso di materiale e di informazioni in tutta l’organizzazione ha contribuito in modo significativo alla sua capacità di operare a livelli costantemente alti”<sup>3</sup>.*

Avere una prospettiva del Flusso di Valore significa analizzare e ottimizzare il quadro generale della totalità dei processi che avvengono all’interno dell’azienda, e non solo i singoli reparti. Se si guardasse realmente all’insieme dei processi e si andasse fino in fondo, dalle materie prime alle braccia del cliente, sarebbe necessario seguire il flusso del valore di un prodotto in molte aziende e anche più strutture. Ma mappare l’intero flusso è troppo per iniziare.

In questa tesi analizzeremo e studieremo il flusso di produzione “door-to-door” all’interno di uno stabilimento, compresa la spedizione al cliente del prodotto finito e l’approvvigionamento dai fornitori delle materie prime e delle parti di cui abbiamo

---

<sup>3</sup> Karen Martin, 2013, *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*

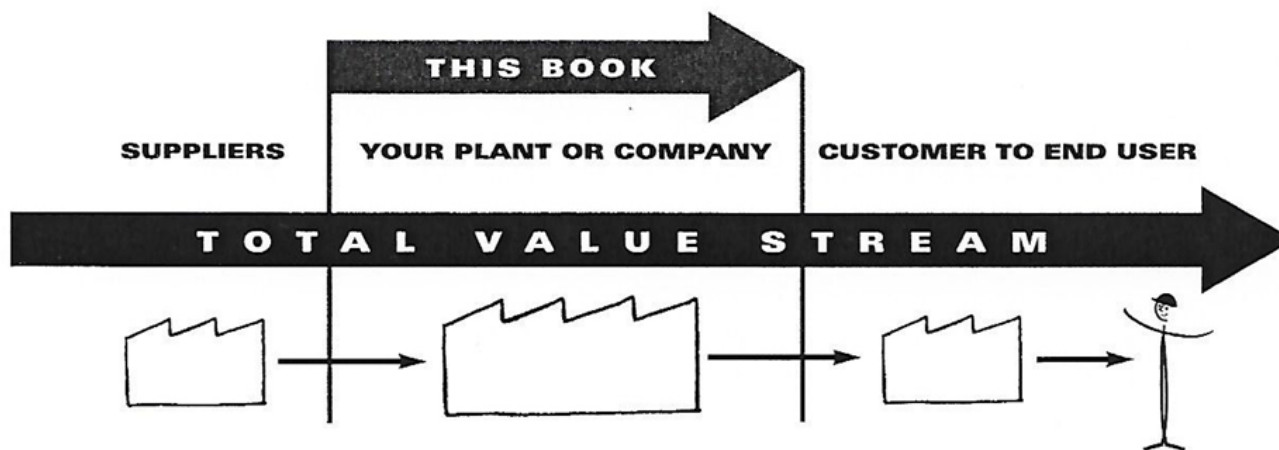
bisogno per svolgere i nostri processi, dove è possibile progettare e costruire un'idea ed una visione dello "stato futuro" e iniziare subito ad implementarla. Questa potrebbe essere una buona "messa alla prova" per iniziare ad entrare nella vera essenza delle teorie della "*Lean Production*".

Man mano che la vostra esperienza nel campo *Lean* cresce ed acquistate confidenza con l'implementazione di questi processi, potrete espandervi verso l'esterno, dal singolo impianto verso la mappatura completa di tutti i reali passaggi attraverso più impianti fino all'utente finale. Si noti, tuttavia, che nelle grandi aziende quando il flusso di valore di un prodotto passa attraverso più di una struttura, l'espansione dei lavori e gli sforzi di mappatura per includere anche il flusso attraverso le altre strutture dovrebbe avvenire molto rapidamente.

La mappatura del "Flusso del Valore" è un processo con il quale possiamo costruire uno strumento molto utile anche avendo solo una matita e un foglio di carta. Questo ci aiuta a vedere e comprendere il flusso di Materiale e Informazioni mentre un prodotto viaggia attraverso il suo flusso del valore. Quello che intendiamo per mappatura è semplice: seguire il percorso di produzione dal cliente al fornitore e disegnare con attenzione una rappresentazione visiva e pratica di ogni processo del flusso di materiali e informazioni. In seguito al quale dovremmo porci una serie di domande chiave e disegnare una mappa dello "Stato Futuro" di come dovrebbe essere il flusso di valore dopo l'implementazione dei sistemi *Lean*.

Fare questo più e più volte è il modo più semplice e anche il più efficace che conosciamo per insegnare a voi stessi e ai vostri colleghi come vedere il flusso del valore e, soprattutto, le fonti di spreco. Probabilmente è uno degli strumenti più efficaci ma anche uno dei “meno compresi”, infatti è spesso messo da parte. Tutti i particolari che analizzeremo ci aiuteranno a dimostrare come la Mappatura del Flusso di Valori non sia solo un semplice strumento.

Disegnando ed esercitandovi con la Mappatura, vedrete meglio anche la possibilità di implementare sistemi *Lean* nel vostro impianto. Ma ricordate che l’obiettivo non è la mappatura, ma piuttosto utilizzare quest’ultima per implementare un processo e un ciclo di produzione che sia completamente a valore aggiunto.



“Vedendo” il flusso potremo poi anche maturare una idea del flusso idealizzata, o comunque migliorata rispetto allo stato attuale.

Quando entriamo in questa ottica, e vogliamo realmente provare sul campo queste teorie, non dobbiamo iniziare a mappare i flussi di tutte le linee produttive che abbiamo in

azienda, ma piuttosto partiamo da un flusso di valore che stiamo attualmente implementando. Se abbiamo in mente di migliorare quel processo dobbiamo prima costruire una Mappa dello Stato Futuro, ma vedremo in seguito di cosa stiamo parlando.

Ma concretamente, perché la Mappatura è così efficiente? Come afferma Mike Rother:

*"- Aiuta a visualizzare qualcosa di più che il livello del singolo processo, cioè l'assemblaggio, la saldatura, ecc. in produzione. Si può vedere il flusso.*

*- Aiuta a vedere più di uno spreco. La mappatura aiuta a vedere le fonti di spreco nel flusso di valore.*

*- Fornisce un linguaggio comune per parlare dei processi di produzione.*

*- Rende evidenti le decisioni sul flusso, in modo da poterne discutere. Altrimenti, molti dettagli e decisioni in officina avvengono per impostazione predefinita.*

*- Lega insieme concetti e tecniche snelle, il che vi aiuta ad evitare il "cherry picking".<sup>4</sup>*

*- Costituisce la base di un piano di implementazione. Aiutandovi a progettare come dovrebbe funzionare l'intero flusso porta a porta - un pezzo mancante in così tanti sforzi di lean - le mappe dei flussi di valore diventano un progetto per un'implementazione snella. Immaginate di provare a costruire una casa senza un progetto!*

*- Mostra il collegamento tra il flusso di informazioni e il flusso di materiali. Nessun altro strumento lo fa.*

*- È molto più utile degli strumenti quantitativi e dei diagrammi di layout che producono un conteggio di passi non a valore aggiunto, tempo di esecuzione, distanza percorsa, quantità di inventario e così via. La mappatura del flusso di valore è uno strumento qualitativo con il quale si descrive in dettaglio come la vostra struttura*

---

<sup>4</sup> Cherry Picking: "fallacia logica scaturita dal selezionare le sole prove a sostegno della propria tesi, ignorando al contempo tutte le altre che la potrebbero confutare." (*Wikipedia*)

*dovrebbe operare per creare il flusso. I numeri sono utili per creare un senso di urgenza. La mappatura del flusso di valore è utile per descrivere ciò che si sta per fare per influenzare quei numeri.*<sup>5</sup>

## 1.4 Muda

A questo punto risulta utile fare un “salto” nel vocabolario Giapponese, ed apprendere una parola che potrebbe rappresentare il nostro incubo durante l’implementazione dei processi Snelli: “*Muda*”. Il significato di questo termine è proprio quello di “Spreco” e sta ad indicare tutte quelle azioni/lavorazioni che dobbiamo eliminare in un processo in modo che sia realmente efficiente. Per “sprechi” non intendiamo solo quelli tangibili: fanno parte di questa famiglia infatti tutte le azioni ed i processi che non sono realmente in grado di recare valore aggiunto al prodotto (come ad esempio la gestione di un lotto di produzione che porta all’occupazione di operai, che invece di lavorare con “utilità” ai processi di produzione veri e propri sono occupati in lavori supplementari e superflui che potrebbero essere evitati con una migliore gestione).

Generalmente possiamo distinguere due tipi di *Muda*:

- 1) Comprendono azioni essenziali per i processi, e seppur essendo a valore non aggiunto saranno quelle per cui impiegheremo più tempo nell’eliminazione o nella riduzione.

---

<sup>5</sup> Mike Rother et al., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*

2) Sono composti da azioni completamente superflue e facilmente eliminabili. Saranno le prime su cui agiremo.

Il passo in avanti che vogliamo fare è proprio l'identificazione del flusso di valore, che purtroppo, le aziende raramente utilizzano, ma che può portare alla scoperta di incredibili quantità di *Muda*, che prima sembravano inesistenti.

Per fare questo, il pensiero *Lean* deve uscire al di fuori di quelli che sono gli schemi classici di valutazione, ed avere il controllo sull'intero flusso di produzione dei processi. Il meccanismo per creare un'organizzazione di questo tipo è detto "*Lean Enterprise*", che consiste nella creazione di un "canale" di flusso continuo che comprende tutti gli agenti utili al processo, e mette invece in luce tutti gli sprechi, che andranno poi eliminati.

Questo processo dovrà essere attuato da coloro che lavorano all'interno dell'impianto, e non da qualche soggetto esterno. È un passaggio fondamentale affinché i benefici delle teorie *Lean* possano essere compresi al meglio da tutti i membri dell'impianto. Il progetto e l'implementazione dello stesso potrebbero richiedere tempo e fatica, per questo è fondamentale che tutti capiscano il perché lo si sta facendo.

Molte volte potremmo avere a che fare con attività che sembrano effettivamente a valore aggiunto, ma se le analizziamo attentamente e seguiamo la definizione reale di "valore aggiunto" è facile rendersi conto che in realtà non lo sono. I *Muda*, in particolare la prima tipologia elencata precedentemente, sono causati dall'impianto, dalle tecnologie utilizzate che può portare a varie limitazioni, regolamenti governativi o da molti altri motivi.

Spesso i *Muda* sono così difficili da trattare che a volte rimangono invisibili all'interno dell'impianto. Eliminarli richiede uno sforzo non banale, e abbiamo bisogno di un team realmente motivato nel farlo. Spesso infatti, le persone pensano di non avere il tempo, di non essere all'altezza o magari non sanno da dove cominciare. Magari non hanno realmente lo stimolo o voglia di farlo.

Quello che si deve realmente comprendere, è che tutti gli sforzi fatti per la ricerca dei *Muda*, saranno poi ricompensati con migliaia di nuove opportunità.

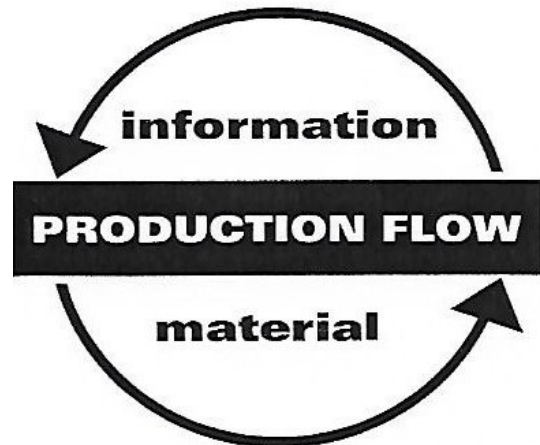
## **1.5 Flusso di Materiale ed Informazioni**

Pensando ai processi produttivi, il primo flusso che viene in mente è quello riguardante il Materiale. Ma c'è un altro flusso molto importante da prendere in considerazione: quello delle Informazioni. Questi due flussi “vanno a braccetto”, infatti il flusso di Informazioni è quello che ci dà le indicazioni per proseguire nelle attività di produzione una volta terminato uno dei processi, quindi è intuitivo che il flusso del Materiale non potrebbe esistere senza quello delle Informazioni.

Come sostengono gli autori di *Learning to See*:

“Il flusso di materiale e di informazioni sono due facce della stessa medaglia. È necessario mapparli entrambi.”<sup>6</sup>

Analizzando gli impianti produttivi della *Toyota*, vediamo come nell’azienda sono utilizzati gli stessi processi che in altri impianti sono utilizzati per una produzione di massa, ma ottimizzati e fatti lavorare diversamente.



Il focus che dobbiamo avere e raggiungere è quello di far lavorare un processo solo quando è strettamente necessario, ma prima di arrivare a questo risultato dobbiamo avere una “visione” completa sul flusso.

## 1.6 Famiglia di Prodotti

Prima di iniziare a mappare dovremo identificare una Famiglia di Prodotti. Infatti, come sappiamo, è impossibile cominciare a mappare qualsiasi cosa che passi all’interno dell’impianto, sarebbe estremamente complicato.

---

<sup>6</sup> Mike Rother *et al.*, 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*



La Mappatura del Flusso di Valore consiste proprio nel rappresentare e descrivere il flusso di informazioni e materiale riguardanti tutti le fasi del processo di lavorazione per una Famiglia di Prodotti.

Per identificare una Famiglia di Prodotti guardiamo la “coda” del nostro flusso di valore, vale a dire la parte più vicina al cliente. Facciamo questo perché generalmente a monte del flusso abbiamo una serie di lavorazioni e processi comuni a molti prodotti, adatti anche per produzione a lotti. Ogni Famiglia di Prodotti ha un’unica Mappatura del Flusso.

Ma cosa intendiamo per Famiglia di Prodotti?

Una Famiglia di Prodotti è un insieme di prodotti aventi ciclo di lavorazione e macchine utilizzate nel processo di produzione simili, tenendo d’occhio anche la sequenza delle lavorazioni.

Una volta determinata la Famiglia che vogliamo analizzare, dobbiamo specificare il numero di prodotti che ne fanno parte e quantificare la domanda del cliente, indicando anche la frequenza.

Analizzando i nostri processi a fondo ci renderemo realmente conto di quanto il flusso di valore e l’organizzazione secondo famiglie di prodotti siano la vera chiave per il successo.

Come possiamo concretamente individuare le Famiglie di Prodotti all’interno della nostra azienda? Ci sono diversi strumenti che ci aiutano in questo:

- Se il vostro mix di prodotti è complicato e numeroso, possiamo creare la seguente matrice, in cui poniamo in un asse i Prodotti del nostro impianto e sull’altro asse tutte i Processi di lavorazione.

		Assembly Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

A Product Family

- Un altro strumento molto diffuso è l'*Algoritmo di King*, anch'esso basato nell'utilizzo di una sorta di matrice in cui in un asse troviamo i Prodotti e nell'altro i Processi. Questo ci permette, attraverso delle sostituzioni successive di righe e di colonne della matrice, di ottenere delle Famiglie di Prodotti ben identificabili e determinare i Processi necessari per ogni Famiglia determinata.

		7	6	5	4	3	2	1	0		
		Codice prodotto									
n° macchina		1	2	3	4	5	6	7	8		
9	1	1		1			1		1	165	
8	2	1					1			132	
7	3		1			1				72	
6	4	1		1			1			164	
5	5				1			1		18	
4	6		1			1			1	73	
3	7					1			1	9	
2	8	1		1			1			164	
1	9				1			1		18	
0	10		1					1		66	
		836	145	580	34	152	836	35	536		

## 1.7 Value Stream Manager

Questo è un ruolo chiave per l'implementazione delle teorie *Lean*. Come sappiamo il flusso del valore viaggia “*door-to-door*” da una parte dell'impianto all'altra, ed essendo quest'ultimo generalmente organizzato per reparti e funzioni spesso nessuno segue il flusso dall'inizio alla fine. Difficilmente saremo in grado di trovare qualcuno che conosce l'intero flusso di lavorazione e programmazione per una famiglia di prodotti.

Non c'è troppo da stupirsi se troviamo molte difficoltà a mappare l'intero ciclo se fin ora il Kaizen<sup>7</sup> è stato concentrato sui singoli reparti piuttosto che nel flusso complessivo. Abbiamo bisogno di qualcuno all'interno impianto che si occupi di seguire la totalità dei flussi di valore ed informazioni, in modo che sia lui stesso a costruire la Mappatura dell'intero flusso e cercare di migliorarla eliminando i *Muda*.

Come ci fanno notare gli autori di *Learning to See*:

*“Chiamiamo questa persona “Value Stream Manager” e suggeriamo che in questa veste riferisca alle persone più importanti della vostra sede. In questo modo avranno il potere necessario per aiutare il cambiamento.”*<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> *Kaizen* (改善) è la composizione di due termini giapponesi, KAI (cambiamento, miglioramento) e ZEN (buono, migliore), e significa cambiare in meglio, miglioramento continuo.

<sup>8</sup> Mike Rother et al., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*

Il Value Stream Manager si occuperà anche di riferire alla Direzione i miglioramenti ed i risultati conseguiti durante l'implementazione.

Esso sviluppa la visione del prodotto, determina lo Stato Attuale del flusso di valore, e quindi prevede lo Stato Futuro. Inoltre tratta poi le varie funzioni aziendali come ad esempio i fornitori degli input essenziali (ingegneria, operazioni, acquisti, vendite, lean knowledge) necessari per raggiungere questo stato. Se queste funzioni non lavorano come dovrebbero, il Value Stream Manager di solito si appella direttamente al CEO<sup>9</sup>, al COO<sup>10</sup> o al Direttore dell'ufficio dei Value Stream Manager, per descrivere il problema e cercare di trovare una soluzione.

## **1.8 Passi da Seguire nell'Implementazione**

La Mappatura del Flusso dei Valori può essere uno strumento di comunicazione, pianificazione e controllo dell'implementazione. Possiamo considerarla una vera e propria "lingua", per cui il miglior modo per applicarlo è utilizzarla finché non prendiamo confidenza con essa in modo che diventi un processo automatico che siamo in grado di implementare senza difficoltà.

---

<sup>9</sup> Chief Executive Officer: Amministratore Delegato (AD)

<sup>10</sup> Chief Operating Officer: Direttore Operativo

Ma quali sono concretamente i passi che dovremo affrontare?

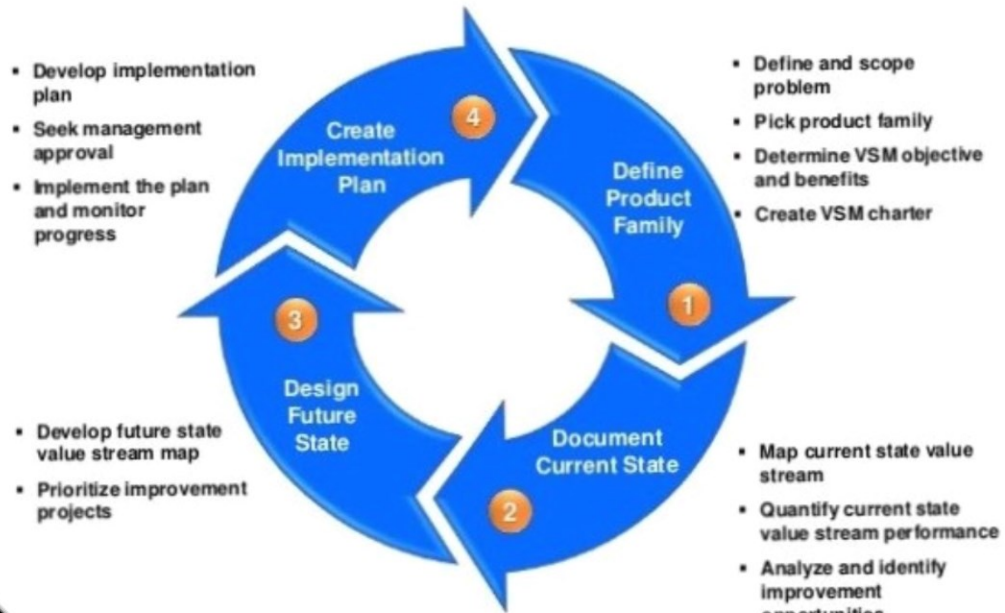
- Identificazione di una *Product Family*.
- Current-State Drawing, sarà il prossimo passo che analizzeremo, consiste nel mappare lo stato attuale del nostro flusso di valori, raccogliendo i dati necessari a sviluppare lo Stato Futuro
- Future-State Drawing, è sicuramente il passo più importante. Questo sarà il nostro obiettivo da raggiungere. Generalmente una Current State Map senza una mappatura di come dovrà essere il flusso in futuro è fine a sé stessa.

Generalmente lo Stato Attuale e quello Futuro sono legati, infatti la loro mappatura va svolta in contemporanea, in modo che raccogliendo dati per uno dei due sorgeranno idee utili o particolari che inizialmente erano stati trascurati nell'altro.

Una volta definito lo stato futuro dovremo poi descrivere come pensiamo di raggiungerlo. Man mano che raggiungiamo lo stato futuro che ci eravamo posti come obiettivo, dovremmo costruire una nuova Future-State Map. In questo modo il flusso non smette mai di migliorare. Per avvicinarci sempre più a dei processi ideali e realmente efficienti, all'interno del nostro impianto deve sempre esserci una Mappa dello Stato Futuro.

Ciò che rende ancor più speciale questo strumento, è che possiamo seguire tutti questi passi anche avendo solo un foglio di carta ed una matita a portata di mano. Possiamo veder “nascere” una vera e propria ottimizzazione del nostro impianto da qualche foglio di carta.

# Value Stream Mapping Process



Un aspetto molto importante da considerare è il tempo. Quanto tempo dobbiamo spendere per costruire queste mappe? Come affermano gli autori di *Learning to See*:

*“La mappatura del flusso di valore per una famiglia di prodotti non dovrebbe richiedere troppo tempo. In circa due giorni dovrete avere una mappa dello stato futuro disegnata fino al punto in cui l’implementazione può iniziare. Non siate troppo occupati a cercare di rendere tutti i dettagli della vostra mappa del futuro stato*

*perfettamente corretti. Mettete a punto la vostra mappa dello stato futuro man mano che l'implementazione procede.*"<sup>11</sup>

## **1.9 Current State Map**

La Current State Map consiste nel rappresentare e descrivere minuziosamente il flusso di Valori ed Informazioni dello stato attuale all'interno del nostro impianto.

Per implementare uno Stato Futuro all'interno della nostra azienda dobbiamo prima raccogliere tutti i dati dello Stato Attuale.

La mappatura inizia proprio all'interno del nostro impianto con il flusso “*door-to-door*”.

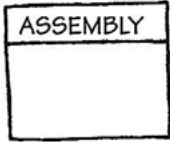
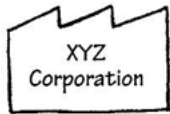
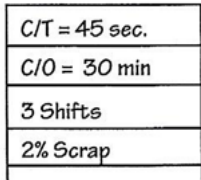

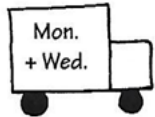

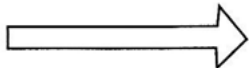

Una volta chiaro il flusso interno dell'impianto possiamo spostare il nostro focus più nei particolari dei singoli processi, oppure concentrarci sulle attività esterne all'impianto.

Per queste mappature utilizzeremo una serie di simboli per rappresentare processi e flussi. Generalmente chiunque voglia mappare questi flussi può utilizzare anche simboli inventati. L'importante è che questi simboli siano coerenti e ben compresi dal personale all'interno dell'azienda in modo che tutti possano leggere la mappatura ed applicare i principi della *Lean Production*.

---

<sup>11</sup> Mike Rother et al., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*

# Simbologia Utilizzata

Material Icons	Represents	Notes
	Manufacturing Process	One process box equals an area of flow. All processes should be labeled. Also used for departments, such as Production Control.
	Outside Sources	Used to show customers, suppliers, and outside manufacturing processes.
	Data Box	Used to record information concerning a manufacturing process, department, customer, etc.
	Inventory	Count and time should be noted.
	Truck Shipment	Note frequency of shipments.
	Movement of production material by <u>PUSH</u>	Material that is produced and moved forward before the next process needs it; usually based on a schedule.
	Movement of finished goods to the customer	
	Supermarket	A controlled inventory of parts that is used to schedule production at an upstream process.



**Material Icons**

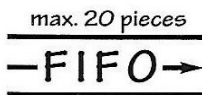
**Represents**

**Notes**



Withdrawal

Pull of materials, usually from a supermarket.



Transfer of controlled quantities of material between processes in a "First-In-First-Out" sequence.

Indicates a device to limit quantity and ensure FIFO flow of material between processes. Maximum quantity should be noted.

**Information Icons**

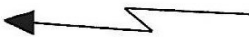
**Represents**

**Notes**



Manual Information flow

For example: production schedule or shipping schedule.



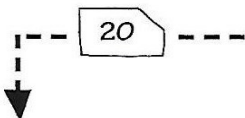
Electronic Information flow

For example via electronic data interchange.



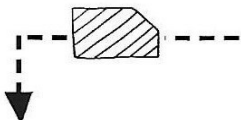
Information

Describes an information flow.



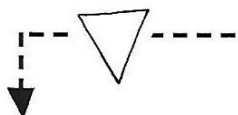
Production Kanban (dotted line indicates kanban path)

The "one-per-container" kanban. Card or device that tells a process how many of what can be produced and gives permission to do so.




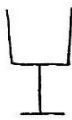
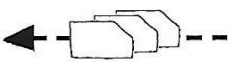
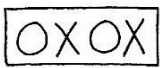

Withdrawal Kanban


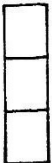

Card or device that instructs the material handler to get and transfer parts (i.e. from a supermarket to the consuming process).



Signal Kanban

The "one-per-batch" kanban. Signals when a reorder point is reached and another batch needs to be produced. Used where supplying process must produce in batches because changeovers are required.

Information Icons	Represents	Notes
	Sequenced-Pull Ball	Gives instruction to immediately produce a predetermined type and quantity, typically one unit. A pull system for subassembly processes without using a supermarket.
	Kanban Post	Place where kanban are collected and held for conveyance.
	Kanban Arriving in Batches	
	Load Leveling	Tool to intercept batches of kanban and level the volume and mix of them over a period of time.
	"Go See" Production Scheduling	Adjusting schedules based on checking inventory levels.

General Icons	Represents	Notes
	"Kaizen Lightning Burst"	Highlights improvement needs at specific processes that are critical to achieving the value stream vision. Can be used to plan kaizen workshops.
	Buffer or Safety Stock	"Buffer" or "Safety Stock" must be noted.
	Operator	Represents a person viewed from above.

Quando mappiamo lo stato attuale all'interno del nostro impianto raccogliamo una serie di dati che saranno poi il vero punto di partenza per ottenere quello futuro, che possiamo immaginare come uno stato "ideale", in cui tutti i processi sono resi ottimali e a valore aggiunto per il cliente.

Avendo a disposizione lo stato attuale e quello futuro, la "squadra Lean" conduce operazioni di Kaizen per cercare di colmare il divario tra i due stati.

Potete usare diversi meccanismi per raccogliere i dati di cui avete bisogno: indagini sul coinvolgimento dei dipendenti, osservazione di vari studi, sondaggi elettronici, rete organizzativa, analisi e assunzione di osservatori esterni o intervistatori sono tra i metodi più utilizzati.

Spesso ci sono casi in cui troviamo un piano per lo stato futuro ben costruito, ma la mappa dello stato attuale è assente, oppure casi in cui non è presente il piano di implementazione dello stato futuro. Questi tre passaggi (Stato Attuale - Stato Futuro - Piano di Implementazione) sono tutti fondamentali per la messa in pratica dei sistemi *Lean*. Ma ciò che dobbiamo capire a fondo è che questi sono strumenti che ci devono consentire di fare il salto di qualità nel minor tempo possibile. Non perder mai troppo tempo con una singola mappatura, sono documenti che devono continuamente essere "spinti avanti". Quindi, se si è tentati di creare una mappatura del flusso di valori dello stato corrente per approfondire la comprensione e raggiungere un obiettivo di ottimizzazione del processo, fate pressione per portarlo al passo successivo: progettate un flusso di valore migliorato e poi realizzatelo. Come affermava Goethe,

*"Sapere non è sufficiente; dobbiamo applicare. La volontà non è sufficiente; dobbiamo farlo".*

Quello che rende efficace l'implementazione delle teorie della *Lean* a lungo termine è proprio iniziare l'analisi dallo stato attuale. Spesso i team all'interno delle aziende si affrettano nel tentativo di cercare di migliorare un processo. Magari avranno successo e riusciranno rendere più efficiente quella attività, ma non tenendo conto di un fattore molto importante: la continuità. È intuitivo che un processo ottimizzato a breve termine sia poco conveniente sotto tutti i punti di vista. Potremmo essere "punto a capo" dopo poco e dover riiniziare, o potremmo trovarci con una situazione peggiore di quella da cui siamo partiti. La mappatura dello stato attuale ci consente di vedere chiaramente il flusso all'interno dell'impianto.

Abbiamo notato che quando chiediamo alle persone di descrivere un processo specifico in un flusso di valori, possono esserci quattro diverse versioni: come i manager credono che funzioni, come dovrebbe funzionare, come funziona veramente, e come potrebbe funzionare. La mappatura dello stato attuale serve proprio ad avere un'istantanea del flusso dei valori in quel preciso giorno in cui la costruiamo, e quindi a ottenere dati più oggettivi e concreti di come funziona realmente un processo. Naturalmente quando lo facciamo in un flusso di valori che varia ampiamente i volumi di produzione e i pezzi prodotti, la mappatura si riferisce comunque al giorno in cui la stiliamo, tenendo comunque conto della variabilità che contraddistingue il flusso in esame.

Alcuni consigli pratici da seguire durante la mappatura dello stato attuale:

- Raccogliere le informazioni ed i dati necessari camminando attraverso i flussi di materiale ed informazioni.
- Inizialmente “sondate il terreno” rapidamente. Percorrete rapidamente i flussi nel vostro impianto e osservateli per avere un’idea iniziale di cosa dovremo affrontare, quindi tornate indietro ed analizzate il tutto più nel dettaglio.
- Iniziate dai processi a valle del flusso, cioè quelli più a contatto con il cliente. In questo modo definirete il ritmo di lavorazione anche dei processi a monte.
- Raccogliete i dati personalmente. Non fate affidamento su dati già registrati o standard, cronometrate in prima persona quello che realmente sta accadendo.
- Mappate voi stessi l'intero flusso di valore, anche se sono coinvolte più persone. Comprendere l'intero flusso è il significato della mappatura del flusso di valore. Se persone diverse mappano segmenti diversi, allora nessuno capirà l'intero flusso.
- Mappate il processo con una matita su un foglio. In un primo momento fatelo con uno schizzo provvisorio che modificherete poi in un secondo momento. Evitate di usare un computer.

Quest’ultimo punto è uno dei più caratteristici per quanto riguarda le mappature *Lean*. Farlo a matita su un foglio di carta porta a mappare senza indugio e collezionare informazioni più naturalmente. Inoltre vi spinge a farlo da soli, e vi aiuterà a comprendere realmente a fondo il flusso dei valori. Sappiamo bene infatti, che lo scopo del processo non è la mappatura ma il suo significato: vedere il flusso di informazioni e materiale.

## **1.10 Documentare Lo Stato Attuale**

Ora che conosciamo l'importanza della mappatura ed il suo significato, è il momento di introdurre i tre passi da seguire nell'analisi dello stato attuale:

- percorrere il flusso dei valori
- impostare la mappa
- Ripercorrere il flusso di valori una seconda volta, aggiungendo dettagli alla mappa

### **1.10.1 Prima Percorrenza del Flusso**

In questa fase iniziamo a visualizzare il flusso di valori in blocchi di processo. Come sappiamo, un flusso di valori è una serie di processi che si collegano tra loro e trasformano una richiesta del cliente in un bene o servizio, che alla consegna completa il ciclo richiesta-consegna. Generalmente questo primo punto della mappatura consiste in una rapida analisi di quali sono i processi e in che modo sono collegati a formare un flusso all'interno dell'impianto. In questa fase i membri del team raccolgono informazioni in officina. Queste informazioni saranno poi fondamentali poi come punto di partenza per una analisi più approfondita. Anche se l'analisi è "superficiale", i membri del team

dovrebbero comunque comprendere quali blocchi di processo si susseguono per formare il flusso, quali sono gli input e output che affronta un operatore, come il lavoro prosegue e se ci sono punti in cui il flusso si ferma.

Tutti i membri del team lavoreranno collettivamente per raccogliere queste informazioni: come sappiamo, è fondamentale che tutti comprendano a fondo i processi. Tuttavia, è comunque buona abitudine incaricare un singolo membro del team per una trascrizione complessiva dei dati e per la costruzione della mappa.

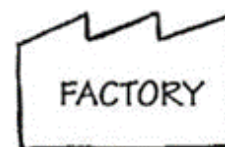
Probabilmente a molti membri del team sorgeranno molte idee osservando lo stato attuale, è in questa fase infatti che cominciano ad emergere i punti problematici del flusso. Occorre costruire una “lista di idee” composta da tutte le osservazioni raccolte dai vari membri del team a contatto col flusso. Questa lista risulterà molto utile in fase di “progettazione del nuovo modello”.

I membri del team che osservano gli operatori a lavoro devono sempre avere il massimo rispetto. Non devono giudicare il lavoro dell’operatore, devono solo documentarlo. L’operatore sentendosi giudicato agirebbe difensivamente, e ci impedirebbe di raccogliere informazioni realmente veritiere ed utili al processo.

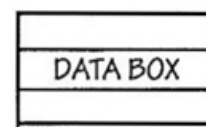
Dopo uno *Screening* iniziale del flusso, i membri del team torneranno in ufficio raccogliendo le varie idee maturate, definendo quali blocchi di processo saranno nel flusso e anche la loro sequenza.

## 1.10.2 Impostazione della Mappa

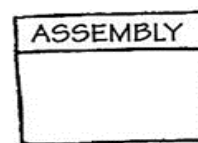
Una volta che è ben chiara la famiglia dei prodotti che andremo a mappare, iniziamo a costruire la nostra mappa proprio a partire dal cliente. Lo rappresentiamo con un'icona di una fabbrica, posizionata nella parte superiore a destra della mappa. Sotto questa icona disegneremo una casella di dati che registra i requisiti del cliente.



A questo punto rappresentiamo i processi di base del nostro flusso. Per rappresentarli utilizzeremo dei Box. In ogni box c'è un flusso di materiale ed informazioni. Generalmente non rappresentiamo ogni singola attività dei nostri processi, ma includiamo in un box intere aree del nostro impianto in cui idealmente il flusso scorre con continuità. Ogni qualvolta il flusso si stoppa, rappresenteremo un box



differente da quello precedente. Per esempio, un processo di assemblaggio con diverse stazioni di lavoro collegate, anche se c'è un certo inventario WIP<sup>12</sup> tra le stazioni, verrebbe disegnato come una sola scatola di processo. Ma se un processo di assemblaggio è disconnesso dal successivo, con l'inventario che ristagna, si accumula e viene spostato in lotti, allora si utilizzerebbero due box di processo.



Se in seguito venisse disegnata una mappa più dettagliata a livello dei processi, allora potremo rappresentare ogni lavorazione del processo con un singolo box.

---

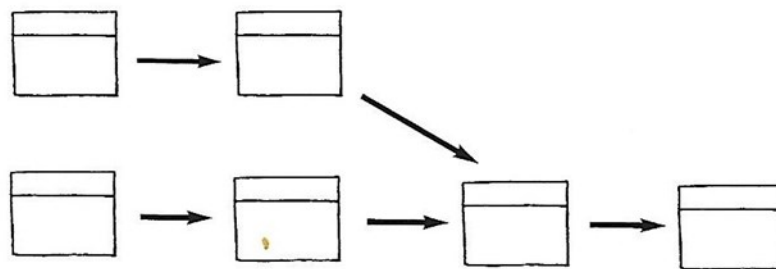
<sup>12</sup> WIP: Work In Process



Il flusso del materiale viene rappresentato nella parte inferiore della mappa, e fluisce da sinistra a destra seguendo l'ordine delle varie fasi di lavorazione e non secondo la disposizione fisica all'interno dell'impianto.

Nel caso in cui un processo in cui più flussi confluiscono in un flusso unico, vanno rappresentati in questo modo:

NB: se ci sono troppe "diramazioni" nel vostro flusso complessivo scegliete solo i processi chiave e non li rappresentate tutti. Sarebbe eccessivamente confusionario.



Ogni casella ci sarà utile per appuntare i vari dati che raccoglieremo camminando nel flusso.

Quando nel flusso si nota una zona in cui c'è un accumulo di scorte, dovrà anch'essa esser rappresentato nella mappa. Questi punti sono molto importanti perché ci indicano dove il flusso si sta effettivamente bloccando.

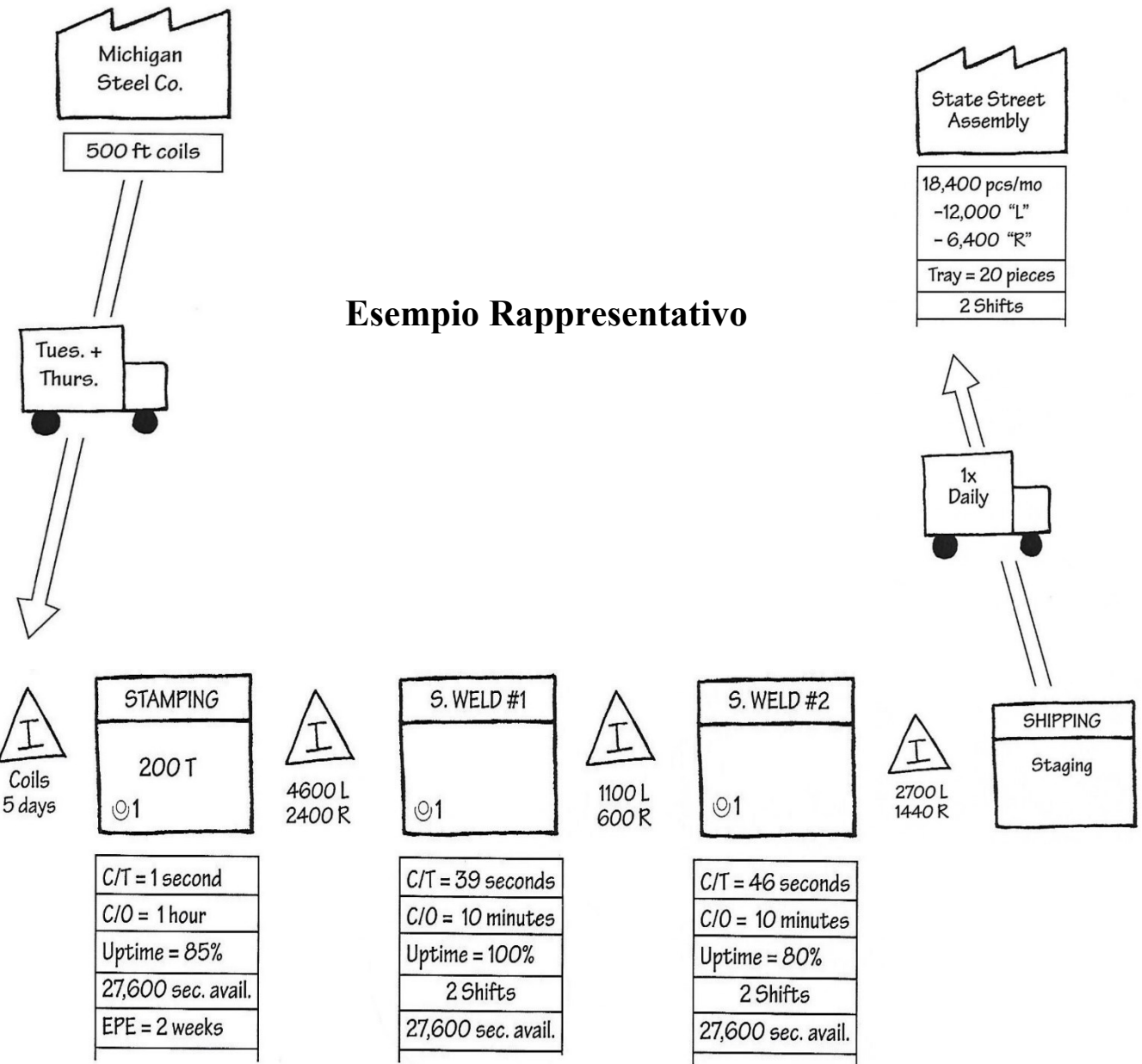
Utilizziamo un'icona "triangolo di avvertimento" per indicare la posizione e la quantità di inventario.



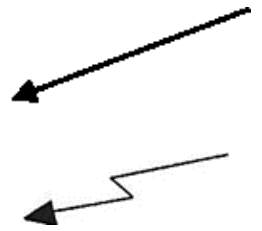
Al termine del flusso dei box di processo troveremo una zona di stoccaggio, indicata anch'essa con un'icona a triangolo. L'accumulo dei prodotti verrà poi gestito in base alle spedizioni ed in base alla loro frequenza. Generalmente quando la spedizione al cliente avviene tramite un Camion, lo rappresentiamo con un'icona (se la consegna avvenisse tramite altri mezzi potremmo comunque rappresentarli). L'icona del Camion è accompagnata da una grande freccia che indica la spedizione al cliente, essa congiunge l'area di stock della spedizione all'icona della fabbrica che avevamo rappresentato inizialmente.

Nell'altra estremità della mappa (lato sinistro), rappresenteremo un processo molto simile a quello appena esplicitato, vale a dire l'approvvigionamento dei fattori produttivi necessari al processo. Avremo in alto a sinistra l'icona di una fabbrica che indica il fornitore, collegata al nostro flusso tramite una grande freccia accompagnata dall'icona del Camion. La freccia si collega al punto di stoccaggio posto a monte del flusso.

Un esempio di quanto detto fin ora potrebbe essere:



Ora che abbiamo un'idea sul flusso dei materiali, dobbiamo introdurre il flusso di informazioni. Queste generalmente sono rappresentate con una freccia sottile.



Nel caso in cui le informazioni fossero elettroniche la freccia subisce una piccola deviazione, in modo da poterla facilmente distinguere dalle informazioni arrivate su carta.

Queste frecce occuperanno tutta la metà superiore della nostra mappa.

Nella zona centrale della nostra mappa, in alto, ritroviamo un box di processo. Questo è il reparto di controllo di produzione, da qui generalmente partono tutti i flussi di informazioni nel nostro impianto, generalmente tramite un sistema computerizzato di pianificazione dei requisiti dei materiali (MRP) per programmare l'officina. Il controllo di produzione raccoglie informazioni dai clienti e dall'officina, le consolida e le elabora, e invia istruzioni specifiche ad ogni processo di produzione su cosa deve produrre e quando. Il controllo della produzione invia anche un programma di spedizione al reparto spedizioni.

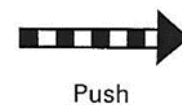
Avendo una visione più chiara sul flusso di informazioni e di materiali possiamo anche identificare i punti critici del nostro flusso. Ossia identifichiamo i punti della mappa in cui ho un “*push*” del produttore invece di un “*pull*” da parte del cliente. Per *Push*, intendiamo una attività che produce senza tenere conto della reale necessità di produrre, e tende appunto a “spingere” i prodotti che finiranno poi in magazzino. Questa programmazione della produzione è tipica di chi tenta di “prevedere” quella che sarà la

richiesta del cliente. Come si può intendere, difficilmente questo tipo di organizzazione rispetta i programmi perché solitamente nulla va come previsto. Come affermano gli autori di *Learning to See*:

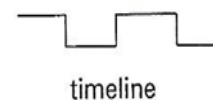
*“Quando ogni processo ha il suo programma, funziona come una "isola isolata", scollegata da qualsiasi tipo di cliente a valle. Ogni processo è in grado di impostare le dimensioni dei lotti e di produrre ad un ritmo che ha senso dal suo punto di vista, invece che dal punto di vista del flusso di valore.*

*In questa situazione, i processi di fornitura tenderanno a rendere i pezzi di cui i processi dei clienti non hanno bisogno ora, e quei pezzi vengono spinti in magazzino. Questo tipo di lavorazione "batch and push" rende quasi impossibile stabilire il flusso regolare del lavoro da un processo all'altro.”<sup>13</sup>*

L'icona di una produzione in stile *Push* è indicata con una freccia striata.



A questo punto la mappa dello stato attuale è quasi completa. Possiamo infatti identificare il flusso delle informazioni nella metà alta della mappa e quello del materiale nella metà inferiore. Per ultimare l'impostazione della mappa inseriamo in basso la “linea dei tempi” che ci indica anche il *lead time*<sup>14</sup> di un pezzo all'interno del nostro impianto, a partire dall'arrivo come materia prima, fino all'uscita dall'impianto come prodotto finito.



<sup>13</sup> Mike Rother et al., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*

<sup>14</sup> Tempo che un pezzo impiega per attraversare l'intero impianto seguendo il flusso.

Più corto sarà il *Lead Time*, e meno tempo intercorrerà tra l'acquisto delle materie prime e la vendita del prodotto finito, permettendo anche una ciclizzazione delle scorte più frequente.

### **1.10.3 Seconda Percorrenza del Flusso**

Lo scopo della seconda percorrenza del flusso è la maggiore comprensione delle attività in modo che si possano identificare le barriere che impediscono una continuità del flusso.

Quindi è arrivato il momento di quantificare i dati tipici che sono presi in considerazione ogni qual volta si analizza un flusso.

I tipici che generalmente andiamo a raccogliere sono:

- C/T (Tempo di Ciclo)
- C/O (Changeover Time), tempi di Setup
- Uptime (Tempo di funzionamento della macchina su richiesta)
- EPE<sup>15</sup> (dimensioni lotto di produzione)
- Numero di operatori
- Dimensioni del Contenitore
- Tempo di Lavoro (escluse le pause)
- Tasso di Scarto

---

<sup>15</sup> Every Part Every \_ : indica le dimensioni dei lotti di produzione.

Questi saranno i dati che andranno inseriti negli eventuali box di processo che avevamo identificato nell'impostazione della mappatura.

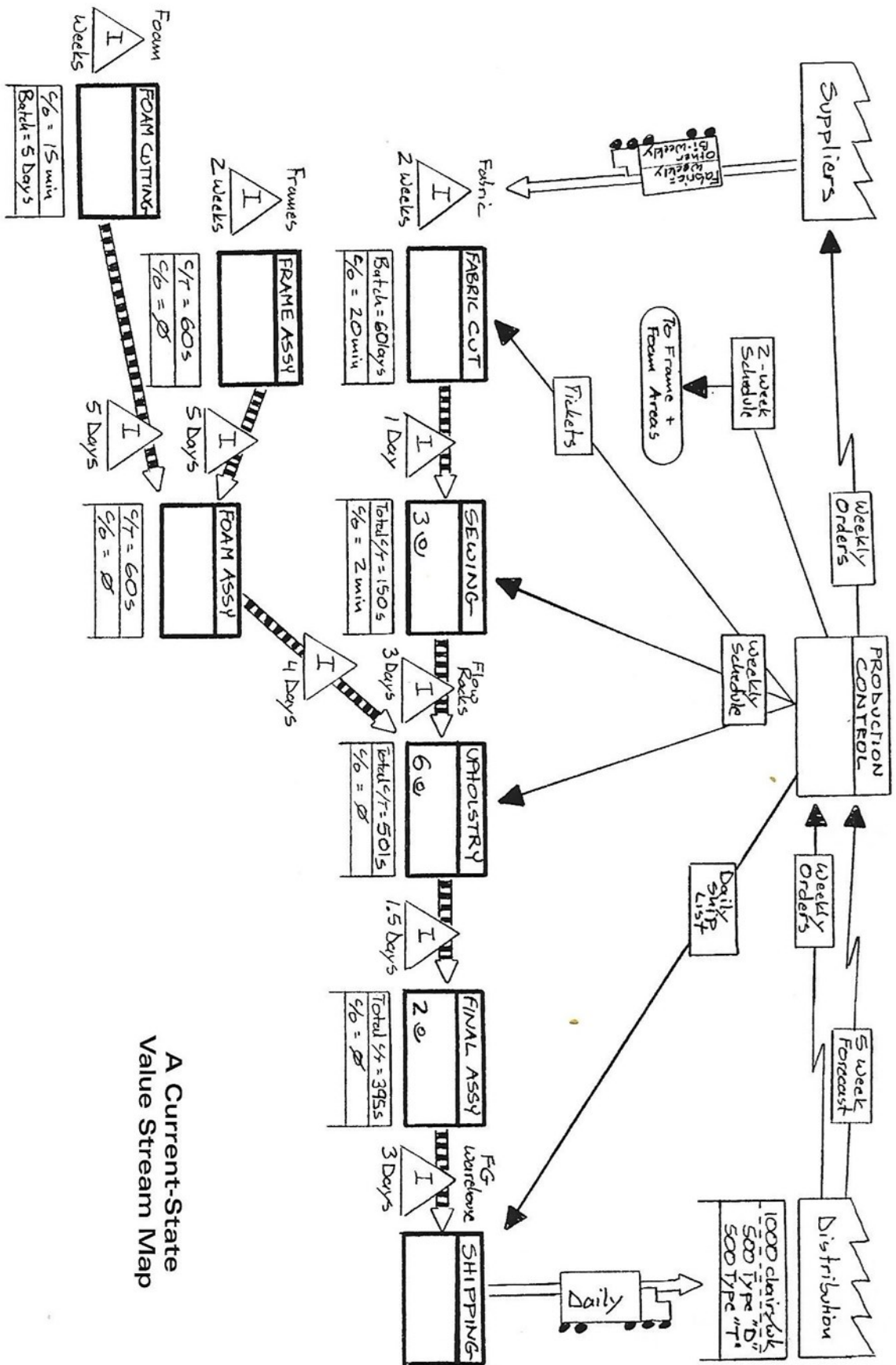
Alcune delle misure più ricorrenti che si effettuano in questo campo sono:

- Tempo di Ciclo (C/T), ossia il tempo che intercorre tra l'uscita di un prodotto finito dalla linea e l'altro
- Tempo a Valore Aggiunto (VA), tempo in cui il prodotto subisce lavorazioni per cui il cliente sarebbe disposto a pagare.
- Lead Time (L/T), tempo che impiega un pezzo ad attraversare l'intero flusso dell'impianto, dall'inizio alla fine.

Una volta raccolti tutti i dati di cui abbiamo bisogno, i membri del team tornano dalla base e dettagliano la mappa inserendo tutte le informazioni maturate.

Un esempio completo di mappatura dello stato attuale potrebbe essere quello proposto dagli autori di *Learning to See* che possiamo ritrovare nella pagina seguente.

La mappa completa deve consentirci di capire a fondo quali sono le barriere del flusso, e quali potrebbero essere i punti che creano una sovrapproduzione all'interno del nostro flusso. Dovrà infatti essere il punto di partenza per la costruzione di uno Stato Futuro.



A Current-State Value Stream Map



## 1.11 Flusso di Valore Snello

Spesso il problema principale di un flusso di valore è la sovrapproduzione. Questo accade quando ogni processo del flusso lavora in modalità “*Batch and Push*”, ossia le attività lavorano in programmazione autonoma, con il solo obiettivo di ottimizzare il singolo processo e non l’intero flusso. Questo porta ad una produzione scoordinata, con pezzi completi che finiscono in magazzino perché sono stati prodotti senza un’effettiva richiesta da parte del cliente. I tempi a valore aggiunto all’interno dei processi sono enormemente inferiori rispetto al tempo che il pezzo passa realmente all’interno dell’impianto.

Possiamo fronteggiare tutto questo con l’identificazione dei *Muda*, andando a “sradicarli” dal nostro impianto. Infatti non basta solo identificare lo spreco ed eliminarlo: dobbiamo visualizzare il problema fino alla radice. Una volta che si ha una panoramica completa di quelle che sono le “radici” degli sprechi, spesso nascoste, possiamo intervenire cercando di eliminarle a lungo termine.

La sovrapproduzione non genera sprechi solo a livello materiale, infatti con la produzione di massa avremo una occupazione maggiore delle macchine e degli operai, che in parte saranno occupati nella gestione dei lotti in magazzino.

## **Ma cosa intendiamo per Lean Production?**

Tutto ciò che stiamo cercando di fare nella *Lean Manufacturing* è far sì che un processo faccia solo ciò di cui il processo successivo ha bisogno quando ne ha bisogno.

Stiamo cercando di collegare tutti i processi - dal consumatore finale alla materia prima - in un flusso regolare senza deviazioni che generi il più breve tempo di consegna, la massima qualità e il minor costo.

### **1.11.1 Takt Time**

Il “takt time” è il tempo al quale dovremmo produrre per far sì che la produzione sia in coincidenza con il tasso di domanda del cliente. Il "takt time" è calcolato dividendo il tasso di domanda del cliente per turno (in unità) con il tempo di lavoro disponibile per turno (in secondi). Potrebbe sembrare non molto complicato inizialmente, ma sono richiesti sforzi non banali:

- Rispondere di eventuali problemi ed imprevisti all'interno del takt time.
- Eliminare i tempi di downtime (tempi in cui la macchina non è disponibile per la lavorazione) non programmati.
- Ridurre o eliminare i tempi di Setup in alcuni punti del flusso.

### **1.11.2 Lavorare con un Flusso Continuo**

Il flusso continuo si riferisce alla produzione di un pezzo alla volta, con ogni articolo passato immediatamente da una fase di processo all'altra senza ristagni nel mezzo. Approfondiremo ampiamente questo concetto nel secondo macro-capitolo di questa tesi.

Spesso cerchiamo di limitare il flusso continuo puro, perché al suo interno si fondono tutti i tempi di esecuzione e di fermo dei processi coinvolti. Per cominciare si imposta una produzione pull/FIFO<sup>16</sup> combinata al flusso continuo, per poi estendere sempre più il flusso continuo una volta che c'è stata un'ottimizzazione massiva.

### **1.11.3 Interruzione del Flusso Continuo – Supermarket Pull System**

Possono essere diversi i motivi per cui non possiamo implementare un flusso continuo interamente che vada da “porta a porta” all'interno del nostro impianto, ad esempio:

- Macchine con tempi di ciclo troppo corti o troppo lunghi che rendono incongruente il lavoro per alcuni pezzi delle famiglie di prodotti.
- Tempi di spedizione troppo prolungati.
- Inaffidabilità delle macchine.

---

<sup>16</sup> FIFO: “First In First Out”: principio di produzione secondo il quale il primo pezzo che entra in lavorazione nel flusso dovrà essere anche il primo ad uscire. Questa condizione è necessaria per la messa in atto di un Pull System. Questo viene fatto attraverso la costruzione di canali FIFO che sono in grado di gestire e bloccare l'approvvigionamento di pezzi necessari alla linea dal momento in cui ci sono troppi pezzi in lavorazione.

Dovremo quindi “dividere” il nostro flusso: una parte di esso produrrà ancora in modalità batch, e l’altra parte funzionerà come flusso continuo vero e proprio. Ciò che ci permette di fare il “salto di qualità” è la programmazione non autonoma della produzione a lotti, che solitamente ritroviamo a monte, ma piuttosto l’utilizzo di un *Pull System*, che ci permette di programmare la produzione a lotti in base alle reali necessità del cliente a valle.

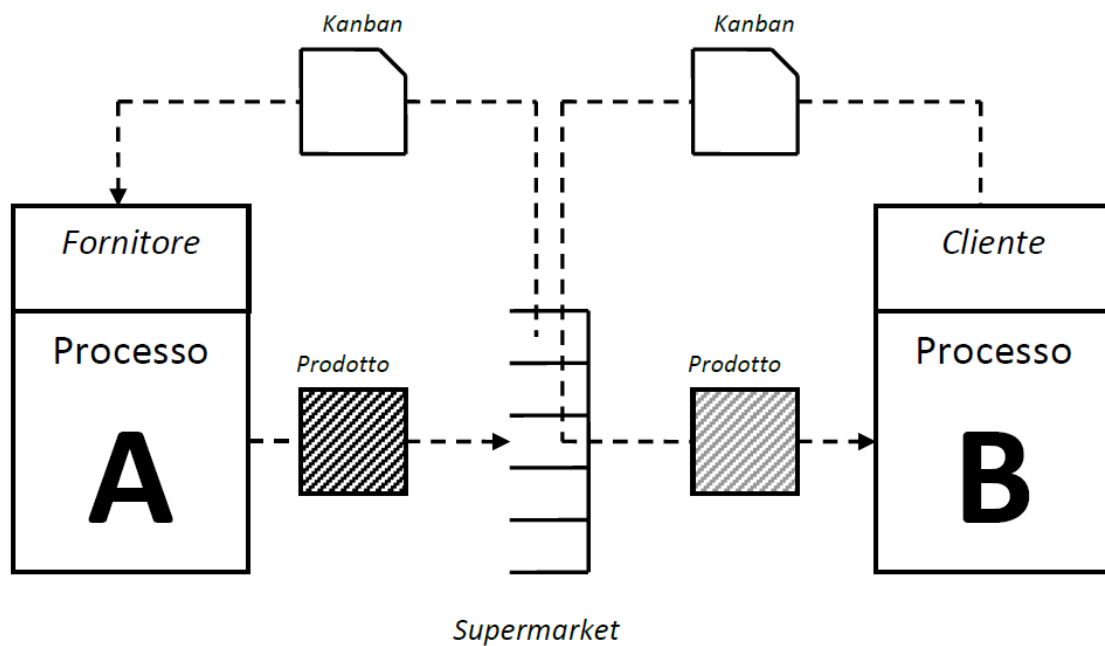
Quello che faremo è creare una sorta di “*Supermarket*” con tutti i vari pezzi prodotti in modalità batch a monte. Questo Supermarket si interpone tra la produzione a lotti e il flusso continuo (che nasce a valle, nei processi più vicini al cliente). In questo modo i processi del flusso continuo possono continuamente attingere al Supermarket e sfruttare quei pezzi precedentemente prodotti in modalità batch in qualsiasi momento. In base alla frequenza con cui i pezzi vengono “ritirati” dal Supermarket, sapremo anche quale dovrà essere il ritmo di produzione della modalità a lotti. È importante sottolineare quindi, come in questo modo si crei un Pull System dal Supermarket che è indirettamente influenzato dall’effettiva richiesta del cliente.

Uno degli esempi più comuni di Pull System potrebbe essere proprio il vostro Supermercato locale. Ogni scaffale al suo interno riporta informazioni riguardanti il prodotto che andrà posto in quello spazio, e solo un numero limitato di quei prodotti potranno essere riposti in quella superficie. Quando il prodotto è esaurito o sta per esaurire, lo scaffale vuoto è un indice, per cui dovrà essere rifornito quel bene.

Questo è lo stesso principio secondo il quale funzionano i sistemi *Lean*. Come affermano gli autori di *Lean For Dummies*,

*"Il concetto chiave è solo produrre come il cliente consuma. Pensatelo come "prendetene uno, fatene uno"<sup>17</sup>*

Un segnale di Pull noto come *Kanban*, è indice della necessità di rifornimento. Il kanban può essere sotto varie forme e può variare da azienda ad azienda (un foglietto, una luce, un segnale, ecc.). A prescindere dalla sua forma, un kanban contiene tutte le informazioni necessarie per il rifornimento di un determinato prodotto.



Non sempre però è possibile collegare due processi con un Pull System. Ad esempio quando ogni pezzo è personalizzato, a breve conservazione o magari troppo costoso.

---

<sup>17</sup> Natalie J. Sayer et al., *Lean for Dummies*

In questo caso sono due le possibili soluzioni:

- *FIFO*: Questo acronimo sta ad indicare la frase “*First In First Out*”, è un principio di produzione secondo il quale il primo pezzo che entra in lavorazione nel flusso dovrà essere anche il primo ad uscire. Questa condizione è necessaria per la messa in atto di un Pull System. Questo viene fatto attraverso la costruzione di canali FIFO che sono in grado di gestire e bloccare l’approvvigionamento di pezzi necessari alla linea dal momento in cui ci sono troppi pezzi in lavorazione.
- *Sequenced Pull*, questo è utilizzato per sostituire un Supermarket che dovrebbe contenere tutte le varietà di prodotto possibili. Questa modalità di produzione ci indica che il processo a monte produce solo una quantità predeterminata, direttamente all'ordine del processo del cliente. Questo funziona se la produzione a monte è abbastanza rapida da poter produrre su “ordinazione”, e se il processo a valle segue le “regole” di ordinazione.

#### **1.11.4 Pacemaker Process**

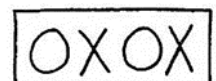
Generalmente quando operiamo con un Supermarket Pull System, è necessario programmare secondo le necessità del cliente un solo punto del flusso: il *Pacemaker Process*. Il modo con cui controlliamo questo processo influenza anche tutti i processi a valle. La scelta di questo punto determinerà anche quali processi del vostro flusso di valore diventeranno parte del *lead time* dall’ordine del cliente fino alla consegna del prodotto finito. Come ci ricorda Mike Rother:

*“il processo del pacemaker è spesso il processo a flusso continuo più a valle nel flusso di valori porta a porta. Sulla mappa degli stati futuri il pacemaker è il processo di produzione che viene controllato dagli ordini del cliente esterno.”<sup>18</sup>*

### **1.11.5 Livellare il Mix di Produzione**

Spesso gli impianti per facilità tendono a produrre, in un determinato intervallo di tempo, sempre lo stesso tipo di prodotto. Questo può portare a problemi di altro tipo. Infatti accumulare una serie di prodotti dello stesso tipo renderebbe incapaci di rispondere alla domanda di un cliente che desidera un prodotto diverso dal lotto che abbiamo prodotto. Questo richiederebbe dei sistemi di stoccaggio di più prodotti finiti al termine del flusso, nella speranza di avere a portata di mano ciò che il cliente vuole. L’alternativa sarebbe quella di avere tempi di consegna molto prolungati. Entrambe le possibilità rendono il processo poco efficace dal punto di vista del cliente.

Livellare il mix di prodotti significa distribuire la produzione di prodotti diversi in modo uniforme in un periodo di tempo. Più siamo in grado di livellare la produzione, più saremo capaci di rispondere in breve tempo alle esigenze dei clienti non necessitando di sistemi di stoccaggio dei prodotti finiti troppo grandi.



---

<sup>18</sup> Mike Rother et al., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*

Questo non sarà sicuramente facile, infatti queste procedure comportano enormi sforzi soprattutto per i Setup frequenti, e per cercare di avere tutte le parti necessarie al processo a “portata di mano”, e questo ovviamente deve valere per tutte le varietà di prodotti finiti che mixeremo.

La livellazione del mix dei prodotti viene indicata con il simbolo a destra del testo.

### **1.11.6 Livellare il Volume di Produzione**

Programmare e caricare il *Pacemaker Process* con volumi di produzione troppo elevati può portare a molti problemi; diventerebbero superflui il *takt time* e non ci sarebbe nessun *pull*, inoltre porterebbe ad una confusione per quanto riguarda l’omogeneità della produzione e anche la risposta agli ordini dei clienti che sarebbe inevitabilmente ritardata.

Caricare il Pacemaker con volumi di produzione non troppo elevati ci consentirebbe di avere una produzione affidabile, rapida e nel quale possiamo facilmente identificare i problemi che si vengono a creare.

Come ci consigliano gli autori di *Learning to See*, un buon punto di partenza sarebbe quello di rilasciare regolarmente solo una piccola e consistente quantità di istruzioni di produzione (di solito tra 5 e 60 minuti) al processo di pacemaker, e contemporaneamente togliere una quantità uguale di prodotti finiti. Questa pratica è chiamata “*Paced Withdrawal*”<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> In italiano può essere definito come “Ritiro ritmato o guidato”.



Chiamiamo “*Pitch*” l’incremento di lavoro che assegniamo volta per volta al *pacemaker process*. Spesso il pitch è calcolato in base alle dimensioni del contenitore di *packout*<sup>20</sup>.

Più concretamente, se avessimo un packout che può contenere 10 pezzi, ed il nostro takt time è di 30 secondi, avremmo un pitch di 5 minuti. Quello che facciamo è moltiplicare il takt al numero di pezzi massimo contenuto nel packout. Quella sarà la frequenza di tempo con cui daremo istruzioni per la produzione al pacemaker process.

Uno strumento molto efficace per il livellamento del mix e del volume è il Box di Livellamento del Carico, meglio conosciuto anche come *Heijunka*. Questo box è composto da una serie di colonne che rappresentano l’incremento del pitch con degli slot per i kanban, e una serie di righe anch’esse con slot kanban che rappresentano il tipo di prodotto. In questo modo i kanban indicano sia quantità che tempi di produzione.

I kanban vengono caricati nell' *heijunka* nella sequenza di mix desiderata per tipo di prodotto. L’operatore che si occupa di spostare il materiale ritira quindi i kanban e li porta al processo del pacemaker, uno alla volta, all’incremento del pitch.

Il livellamento della produzione e del mix di prodotti protegge i fornitori in il flusso di valore dell’effetto “*Forrester*”, dove piccole fluttuazioni dal lato del cliente possono tradursi in radicali oscillazioni di volume per i fornitori.

---

<sup>20</sup> Contenitore che contiene i prodotti finiti a fine flusso.

## 1.12 Future State Map

La mappatura del flusso di valori ci consente di vedere il flusso all'interno del nostro impianto, individuare i *Muda* e i motivi per cui nascono, e in un secondo momento costruire una mappa dello stato futuro che consenta di ottenere un flusso migliore di quello di partenza, ricordando che il principio ideale che vogliamo raggiungere è quello per cui produciamo solo quando c'è un reale bisogno di farlo, secondo le direttive del cliente stesso. Se ci troviamo a dover mappare un impianto già esistente, con processi già consolidati, troveremo già macchinari, tecnologie e ubicazione dei processi che potrebbero non essere adatte per il nostro progetto. Purtroppo i *Muda* che derivano da queste cause saranno gli ultimi su cui potremmo agire. Dapprima andremo a colpire quegli scarti a valore non aggiunto che sono immediatamente eliminabili, andando poi sempre più a fondo e ottimizzando sempre più il flusso.

Essendo il futuro un qualcosa di incerto, non esisterà mai una sola mappa dello stato futuro esatta. Potrebbero essere create anche più mappe dello stato futuro che possono fare al nostro caso, e questo rende ancora più incerto il lavoro di chi utilizza queste tecniche per le prime volte. Qui diventa fondamentale il ruolo di persone che hanno già esperienza con queste tecniche, che spesso indichiamo come veri e propri "facilitatori", che si comportano come veri e propri coach nei confronti del team.

Risulta molto più agevole per la costruzione dello stato futuro, seguire dei veri e propri "passi", che consistono in domande che dobbiamo porci prima della costruzione della

mappa. Le risposte che daremo potranno essere di grande aiuto nella fase di costruzione della mappa. Queste domande ci sono state fornite dagli autori di *Learning To See*, e ci permettono di seguire per step il processo di raccolta di informazioni per la mappatura:

- Qual è il takt time con cui i nostri processi nel flusso continuo possono lavorare?
- Costruirete un supermarket di prodotti finiti da cui il cliente attinge, o produrrete direttamente per spedire? (La risposta a questa domanda dipende da diversi fattori, come i modelli di acquisto dei clienti, l'affidabilità dei vostri processi e le caratteristiche del vostro prodotto. Costruire direttamente alla spedizione richiederà un flusso affidabile, a breve termine, da ordine a consegna, o più stock di sicurezza. Fortunatamente, i vostri tempi di consegna da ordine a consegna riguardano solo quei processi che vanno dal processo del pacemaker a valle fino alla consegna).
- Dove applicherete il flusso continuo?
- Dove è necessario utilizzare Supermarket Pull System per controllare la produzione dei processi a monte?
- In quale punto della catena di produzione (il "processo del pacemaker") programmerete la produzione?
- Come livellerete il mix di produzione al processo del pacemaker?
- Quale sarà il vostro *Pitch*?
- Quali miglioramenti di processo saranno necessari affinché il flusso di valore fluisca come specificato nel vostro progetto del futuro stato? (Questo è il luogo in cui annotare tutti i miglioramenti delle attrezzature e delle procedure che saranno

necessari, come la riduzione dei tempi di setup o il miglioramento dei tempi di attività della macchina).

Spesso risulta anche fondamentale studiare il giusto lavoro da assegnare. Come ben sappiamo, queste teorie ci spingono a lavorare efficientemente in un flusso continuo, che agisca in breve tempo e con costi più bassi possibile, non dimenticando che tutto questo gira attorno al cliente. Sarà quindi molto importante eliminare gli sprechi, che come abbiamo già visto possono essere di diversa natura.

Ci sono sostanzialmente due modi per rimuovere molti degli sprechi con cui avremo a che fare:

- Aggiungere lavoro.
- Rimuovere lavoro.

La prima opzione risulta sempre di difficile comprensione per chi intende l'eliminazione di sprechi come la sola "rimozione" di qualcosa. Ricordiamo che nell'implementazione di questi sistemi e metodologie dobbiamo sempre pensare a cosa è meglio per il nostro cliente, e non cosa è meglio per il nostro team.

### **1.12.1 Rimozione di Lavoro**

Quando rimuoviamo operazioni di lavoro dal flusso dobbiamo fare molta attenzione: le attività rimosse infatti devono essere realmente superflue al processo. Inoltre dobbiamo

accertarci che la rimozione di queste attività non apporti eccessivi sovraccarichi agli altri processi che rimangono nel flusso. Non dobbiamo rimuovere operazioni per il semplice gusto di farlo, dobbiamo farlo con criterio.

Come sappiamo possiamo ritrovare tre tipologie di lavoro all'interno del nostro flusso: a valore aggiunto, a valore non aggiunto e a valore non aggiunto ma necessarie al processo.

Quello che farà il team Lean, sarà dapprima agire sulle attività superflue immediatamente eliminabili a valore non aggiunto, per poi concentrarsi sulla riduzione di quelle attività a valore non aggiunto ma fondamentali per i processi. Solo in un ultimo momento potremo concentrarci sulla riduzione degli sforzi delle lavorazioni necessarie al processo, ossia quelle a valore aggiunto. Ciò non significa licenziare gli operatori che svolgevano quei lavori che sono stati eliminati. Nessuno vorrà implementare questi processi se portano a licenziamenti del personale. Gli operai possono avere occupazioni diverse all'interno dell'impianto, è bene cercare un nuovo impiego per coloro che sono “tagliati fuori” dal nuovo flusso che stiamo implementando.

### **1.12.2 Aggiunta di Lavoro**

A volte, per costruire un flusso a valore aggiunto “robusto” ed efficiente, è necessario aggiungere attività a valore aggiunto al processo. Per soggetti inesperti, questa potrebbe sembrare un'operazione che comporta costi e tempi di consegna più lunghi al flusso. Nel considerare se aggiungere nuovi processi a un flusso di valore, fate attenzione a non

aggiungere più lavoro ad un collo di bottiglia. Si vogliono risolvere i problemi, non aggravarli.

L'aggiunta di lavoro potrebbe comportare il miglioramento di alcuni processi a valle o a monte del flusso.

Come afferma Karen Martin nel suo libro:

*"La definizione del "lavoro giusto" richiede una mentalità aperta e la volontà di un team di cambiare i paradigmi sotto la quale hanno operato. Una massima fondamentale della Lean Production che dovrebbe guidare la vostra mappatura ogni passo della squadra è "il massimo risultato con il minimo sforzo". La squadra dovrebbe essere audace nel suo pensare e mantenere solo quei processi che sono veramente a valore aggiunto o assolutamente necessari. Tutto il resto è uno spreco."*<sup>21</sup>

### **1.12.3 Gestione del Lavoro**

I membri del Lean team si troveranno a dover affrontare due questioni critiche:

- Come si determina se il flusso sta procedendo come previsto?
- Chi monitorerà l'andamento del flusso di valori?

Molte organizzazioni falliscono perché non attuano dei sistemi per controllare e monitorare questi parametri che sono fondamentali per migliorare continuamente il flusso e progredire.

---

<sup>21</sup> Karen Martin et al., 2013, *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*

Ogni flusso di valore ha bisogno di “indicatori chiave di performance” anche noti come *KPI*<sup>22</sup>. Indicatori comuni includono misurazioni per la qualità, il costo, la consegna (velocità e servizio clienti), la sicurezza, il morale e molti altri. Generalmente per ogni flusso vengono scelti da due a cinque KPI, e vanno scelti saggiamente, perché dobbiamo identificare quei due-cinque valori che possono descrivere l'intero flusso dal punto di vista che più ci interessa. La definizione di questi parametri è fondamentale per un'efficienza vera e propria del flusso.

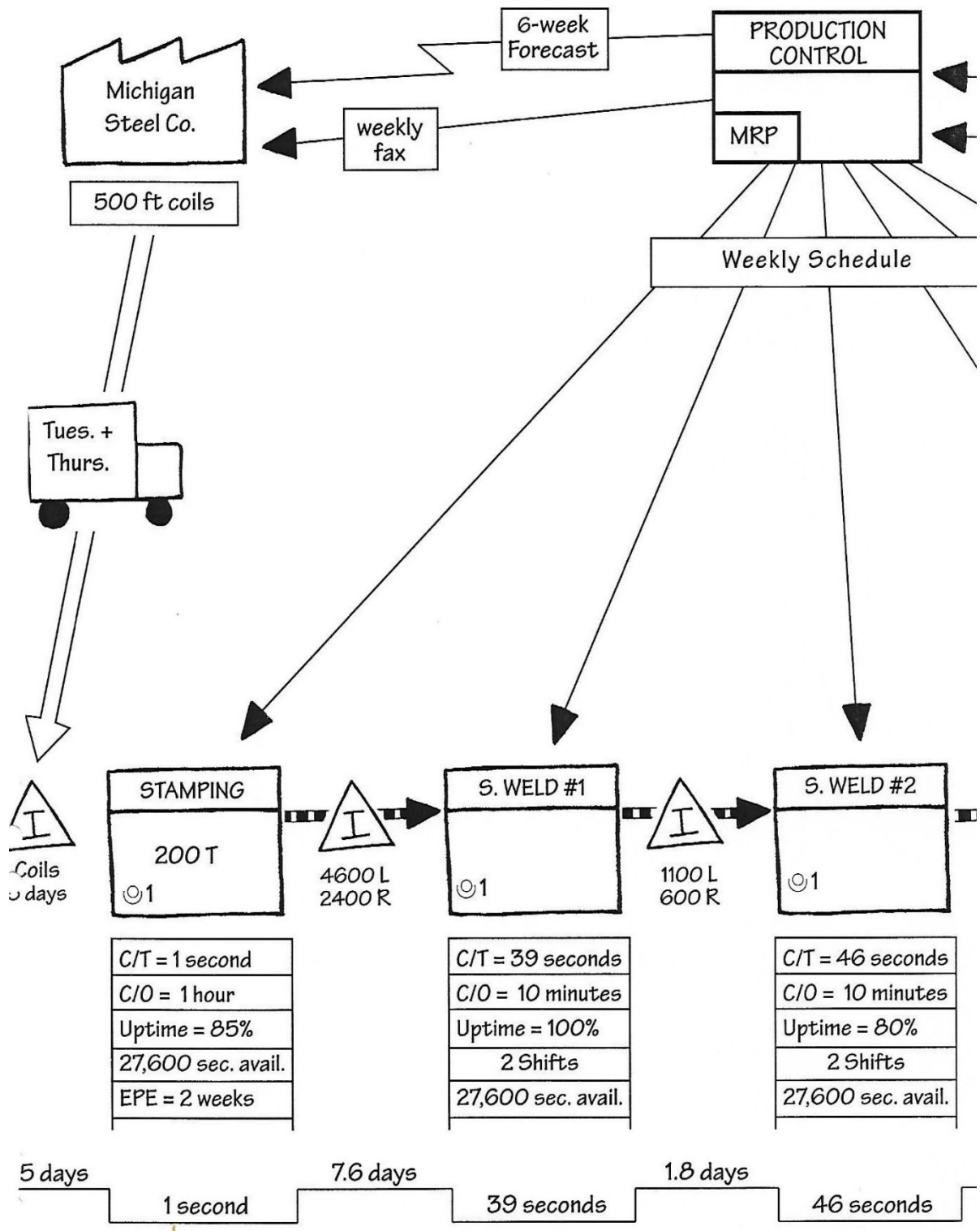
Questi parametri dovranno essere monitorati da una sola persona, ossia un *Value Stream Manager*.

Per poter capire come cambia visivamente una mappa dallo Stato Attuale a quello Futuro, riporteremo nelle seguenti pagine l'esempio che ci fornisce Mike Rother nel suo libro.

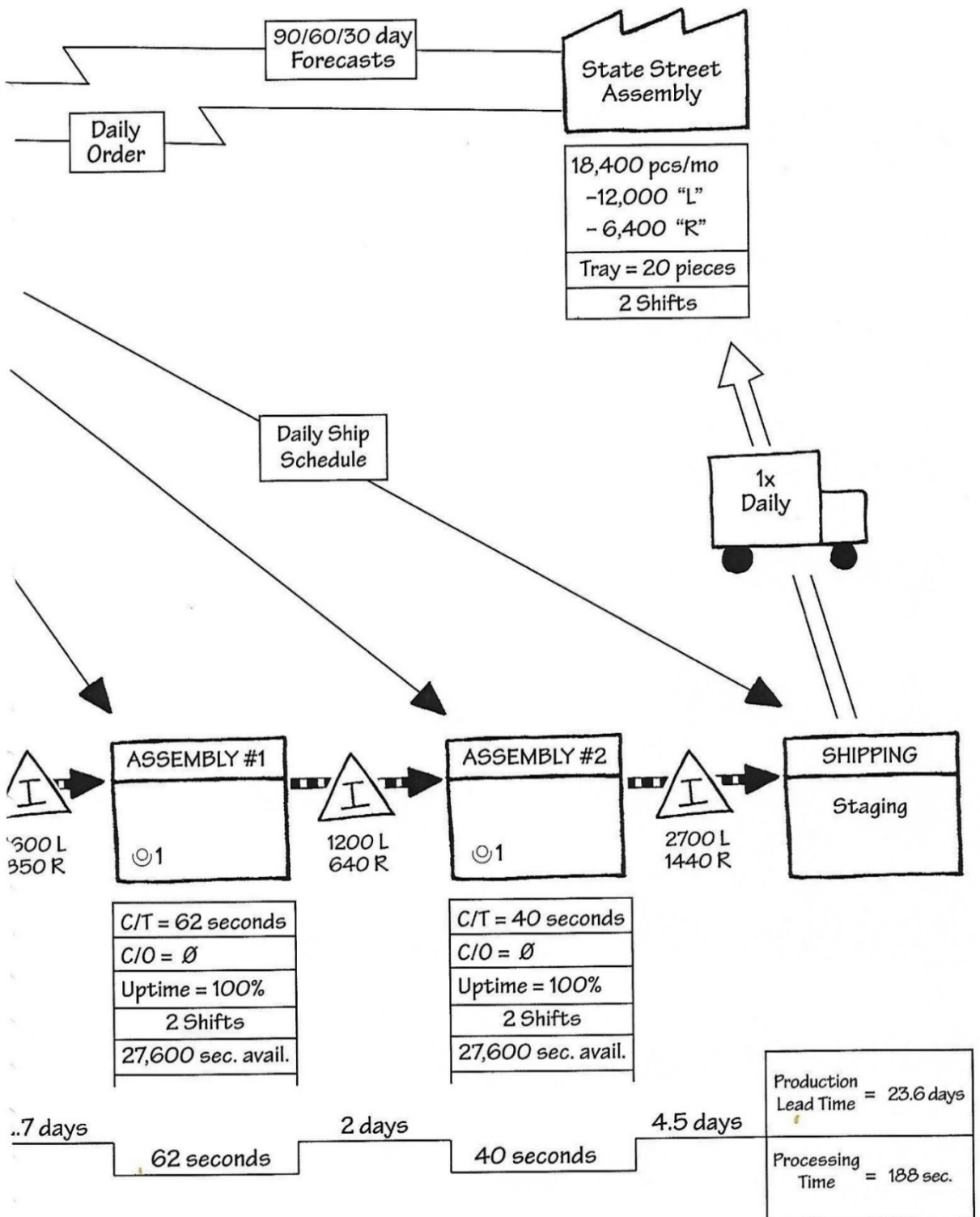
Le prime due pagine saranno riferite allo Stato Attuale, quelle successive si riferiscono allo Stato Futuro.

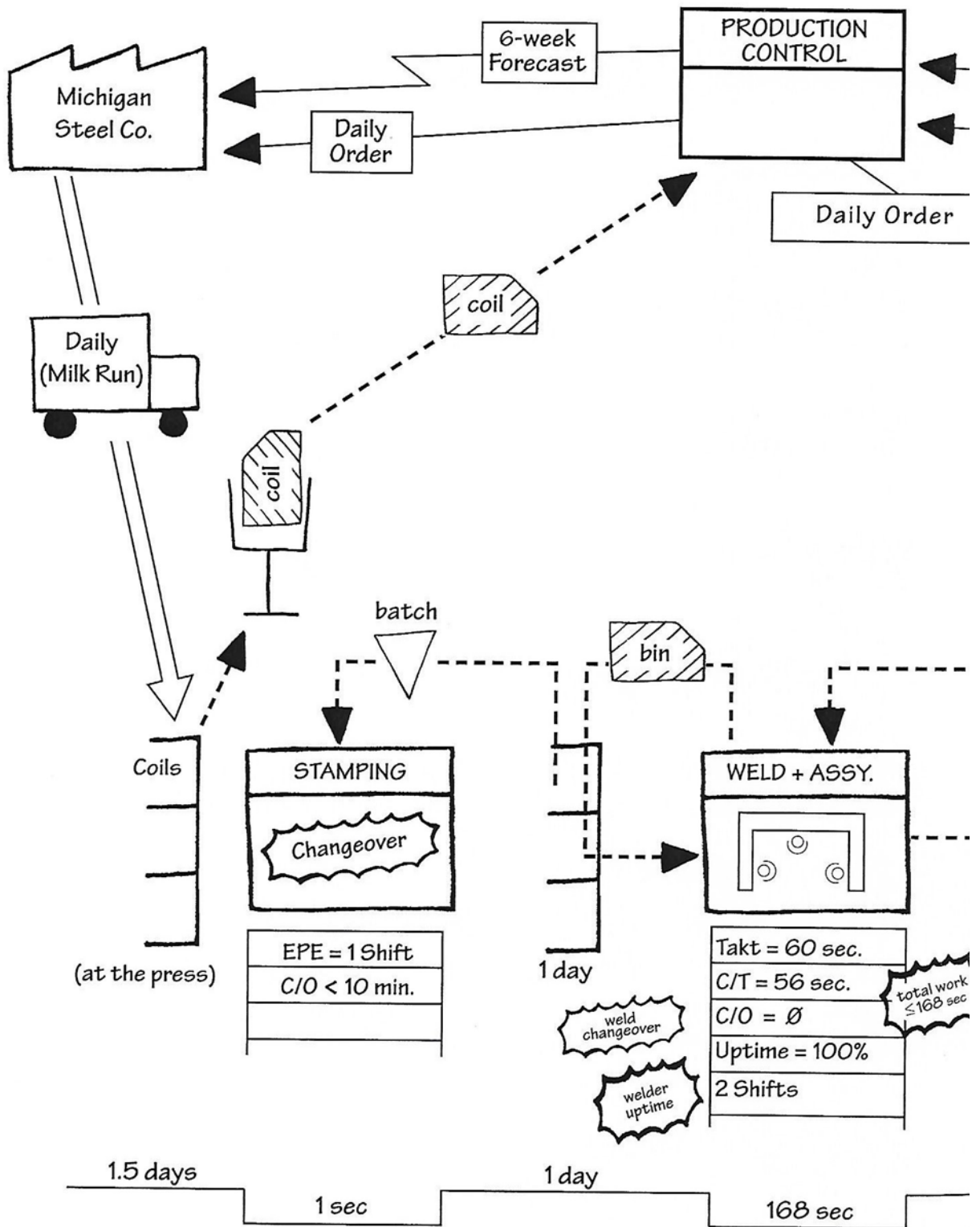
---

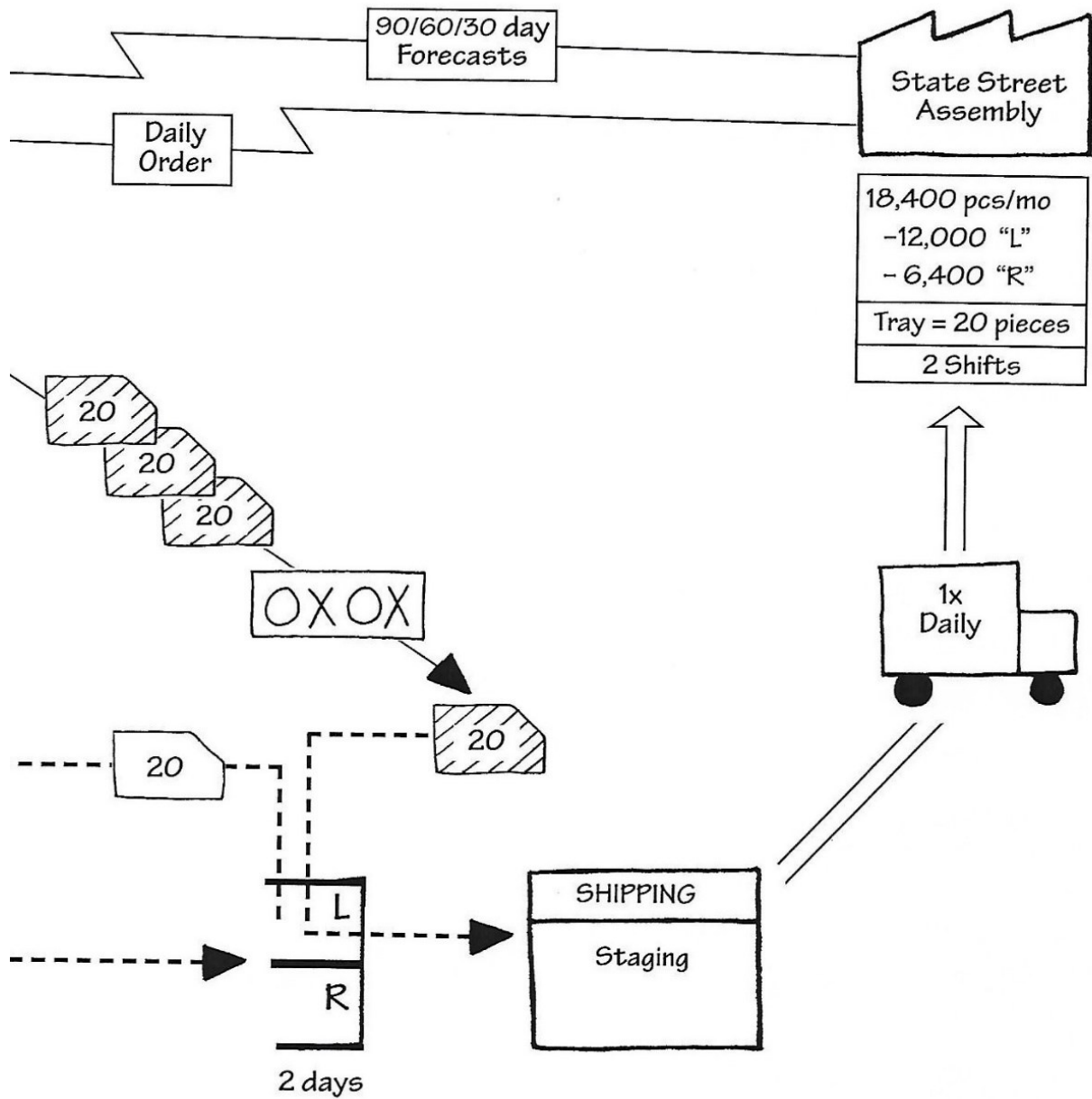
<sup>22</sup> KPI: Key Performance Indicators



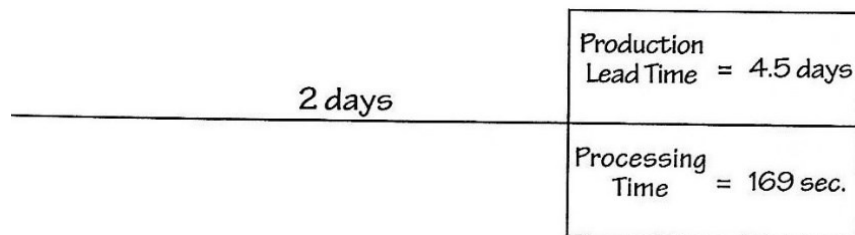








**Acme Stamping  
Steering Bracket  
Future State**



## 1.13 Raggiungimento dello Stato Futuro

Le mappe che abbiamo costruito fin qui hanno come obiettivo l'ottimizzazione dello Stato Attuale attraverso il raggiungimento di uno Stato Futuro. Senza un piano di implementazione dello Stato Futuro, le mappe non hanno alcun valore.

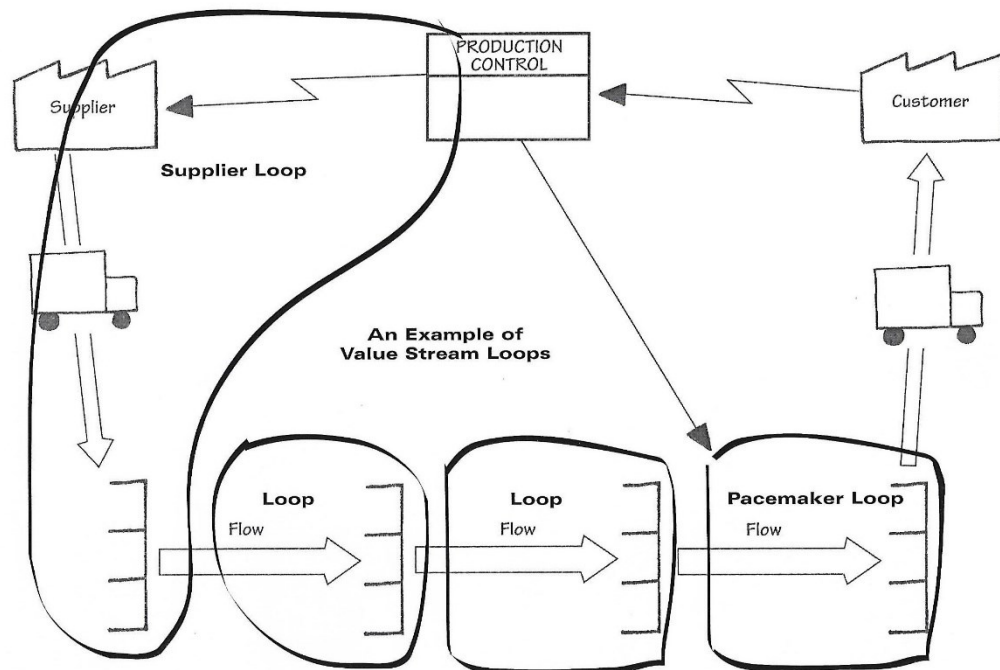
### 1.13.1 Suddividere il Lavoro in Fasi

Con la mappatura dello Stato Futuro descriviamo l'intero flusso. Non è possibile implementare l'ottimizzazione nell'intero flusso al primo colpo. Dovremo suddividere il miglioramento in fasi. Ciò che è importante nell'implementazione a fasi, è avere ben chiaro che non stiamo ottimizzando una serie di tecniche sconesse una per volta, ma piuttosto suddividiamo in fasi più processi che sono collegati da uno stesso flusso di valori riferito ad una famiglia di prodotti. Questo può esser fatto con i *value stream loop*. Quello che facciamo, è dividere la mappa in vere e proprie zone, cerchiandole.

La gestione del *loop del pacemaker* è quella più significativa, dato che esso rappresenta il flusso di informazioni e materiale più a valle e quindi più a contatto con il cliente. Questo loop influenzerà anche il funzionamento di tutti gli altri a monte.

Generalmente gli altri loop che nascono a monte del pacemaker sono quelli che comprendono zone in cui ci sono flussi di informazioni e materiale tra le varie zone di

*pull*, quindi ogni Supermarket all'interno del flusso indica il termine di uno dei segmenti del flusso di valore.



### 1.13.2 Value Stream Plan

Il *Value Stream Plan* dev'essere creato annualmente, e ci dà informazioni fondamentali sul "dove stiamo andando" ed "in che modo" vogliamo farlo.

Generalmente la prima cosa che ci si chiede è "da che punto del flusso iniziare ad implementare?".

Una buona strategia è quella di iniziare dal *loop del pacemaker*, perché funge da cliente "interno all'impianto", e influenza anche i loop a monte.

Una volta deciso un ordine generale di implementazione dei loop di processo (che può cambiare, per questo generalmente è strutturato a matita), il Manager dovrà appuntare questa scaletta sul Value Stream Plan annuale.

Questo piano annuale può anche essere usato dal punto di vista finanziario, nelle operazioni di business dell'impresa, in particolare nel *budgeting*<sup>23</sup>. Infatti questo piano può aiutare nel dimostrare solidità per l'acquisizione di finanziamenti, e convincere gli acquirenti che il progetto è realmente valido.

Naturalmente questo piano è utilizzato anche durante il funzionamento dell'impianto, per controllare i progressi e se l'andamento del flusso è realmente in linea con il piano di previsione che era stato precedentemente costruito. Sarà ruolo del Manager analizzare la performance del flusso ed individuare eventuali punti del flusso che non funzionano come previsto e in un secondo momento cercare di eliminare gli eventuali problemi.

---

<sup>23</sup> Definizione preventiva di costi, ruoli, obiettivi, ricavi. Molto simile al concetto di Business Plan preventivo.



## **2. CREARE UN FLUSSO CONTINUO**

### **2.1 Flusso Continuo**

Il Flusso Continuo è uno degli obiettivi più ambiti nel campo della Lean Production, innumerevoli processi sono stati incentrati sul Kaizen del flusso continuo.

Una volta mappato il flusso dei valori ed identificate le possibili fonti di spreco è importante fare questo “salto di qualità”, ossia cercare di far fluire tutti i processi rimanenti che creano valore. Tuttavia questo comporta un radicale cambiamento nel pensiero e nelle abitudini classiche degli impianti. Infatti generalmente tutti gli impianti sono divisi per “funzioni” o “reparti”, pensando che un’organizzazione così divisa è più facilmente gestibile. Ciò che distingue un flusso continuo da un’organizzazione per funzioni, è proprio l’obiettivo, nel flusso infatti il focus è sul prodotto e su ciò che il cliente desidera, piuttosto che sull’organizzazione o sugli strumenti necessari per i processi.

Henry Ford e i suoi collaboratori sono stati i primi a comprendere realmente il potenziale del flusso. Ford provò questo su uno dei suoi modelli di automobili, riducendo lo sforzo necessario nei processi di assemblaggio, allineando tutte le macchine necessarie in una sequenza corretta e cercando di far nascere un flusso dalle materie prime fino al prodotto



finito. Tuttavia Ford capì che quella configurazione era sostenibile solo quando erano richiesti ampi volumi di produzione.

La vera sfida, ben più complicata che volle affrontare in seguito Taiichi Ohno, fu quella della creazione di un flusso continuo anche nel caso di una produzione di modeste quantità di pezzi finiti. Infatti come afferma James Womak:

*“(...) è il caso generale perché questi umili torrenti, non i pochi possenti fiumi, rappresentano la grande massa di bisogni umani.”<sup>24</sup>*

Ohno riuscì ad ottenere un flusso continuo a basso volume di produzione anche e soprattutto senza linee di montaggio.

Idealmente il materiale dovrebbe fluire con continuità dalla materia prima fino al prodotto finale che arriva al cliente. Dovremo però definire dove agire inizialmente. Il punto di partenza è il *processo pacemaker*, che come sappiamo, è in grado di gestire il ritmo dei processi a valle ed è anche il “segmento” del flusso più vicino al cliente esterno.

Una volta raggiunto il flusso continuo nel pacemaker potremo poi estenderlo in tutto il processo.

La trattazione è incentrata in processi basati su un layout di cella. Questa infatti è una disposizione molto usata dagli impianti.

---

<sup>24</sup> James Womak et al., 1996, *Lean Thinking*

### **2.1.1 Definizione di Cella**

La Cella è una tipologia di disposizione di operai, macchinari e materiali tali per cui tutte le fasi del processo sono sequenziali e divise in fasi, in modo che il flusso dei materiali possa attraversare con continuità le varie stazioni. Generalmente le forme delle celle più diffuse sono quelle da “U”, anche se possiamo ritrovare anche celle “lineari”.

### **2.1.2 Team del Continuous Flow**

Per una efficiente implementazione del flusso continuo è necessaria la presenza di un team che si occupi proprio di questo. I sistemi Lean fanno ampio affidamento sul personale all'interno dell'impianto per la messa in atto di queste tecniche e per il loro controllo attivo.

I team sono generalmente composti da un numero considerevole di membri tra cui:

- Value Stream Manager, come abbiamo visto nel primo capitolo, esso si occupa di strutturare le mappe dello Stato Attuale e dello Stato Futuro e di individuare il pacemaker process, quindi di conseguenza dove è possibile applicare il flusso continuo.
- Area Manager, si occupano di controllare che il flusso stia continuamente migliorando e guidano l'ottimizzazione.

- Ingegneri, che si occupano di definire il layout del nuovo progetto a flusso continuo, raccogliendo direttamente i dati in officina.
- Team di Produzione, ha un ruolo fondamentale nel controllo e nell'implementazione diretta del flusso continuo.
- Specialisti della Lean, che aiuteranno gli altri membri del team ad entrare nella vera ottica di questi principi.

## **2.2 Le Fasi del Processo**

Il primo passo è quello di individuare una famiglia di prodotti all'interno del nostro impianto (vedi paragrafo 1.6), costruendo in seguito la mappatura dello Stato Attuale per poi arrivare a generare quella dello Stato Futuro, determinando quindi anche i punti del processo in cui sarà possibile applicare il flusso continuo.

Il miglioramento dello stato attuale va concentrato inizialmente nel processo pacemaker, in modo che tutti i prodotti a monte abbiano una "guida" a contatto con il cliente esterno.

Un punto fondamentale da definire quando si progetta il flusso continuo sarà stabilire degli eventuali nuovi investimenti da effettuare per la cella, o i cambiamenti di layout che dovranno essere effettuati nell'impianto per mettere a disposizione macchine alla cella. Quest'ultima operazione deve essere svolta con attenzione: dobbiamo prima accertarci di non privare altri processi delle macchine che stiamo inserendo nella nuova cella.

Un attento sforzo per ottenere un vero flusso continuo attraverso una corretta progettazione e funzionamento del processo:

- può raddoppiare la produttività del lavoro.
- dimezzare lo spazio necessario.
- ridurre il lead time di più del 90%.
- migliorare drasticamente sia la qualità che la reattività alle esigenze dei clienti.

### **2.3 “Keep It Flowing”**

Le tecniche Lean generalmente applicano il concetto di “flusso totale”, che comprende quindi anche i servizi ed i prodotti. Idealmente in questi processi, quando arriva uno stimolo che spinge a produrre un nuovo pezzo, materiali e servizi fluiscono nel processo e non si fermano mai fino a che il prodotto non è finito ed arriva tra le mani del cliente.

Ma cosa sarebbe necessario affinché questo possa accadere?

Dovremmo avere dei pezzi che passano attraverso un flusso completamente a valore aggiunto, senza interruzioni, guasti, problemi o inventari.

Per un flusso continuo vero e proprio è necessario eliminare tutti gli scarti ed i problemi che potrebbero impedirlo. Questo stato è idealmente vicino alla perfezione, e forse non è

del tutto possibile realizzarlo a pieno, ma non si dovrebbe mai smettere di cercare di raggiungerlo e ottimizzare i processi.

## **2.4 Linee Guida**

Come spesso accade nelle tecniche Lean, soprattutto per coloro che sono “alle prime armi” con questi concetti, è possibile cercare di implementare un flusso continuo rispondendo ad undici domande, e cercando di trarne informazioni utili.

### **2.4.1 Prodotti per la Cella**

La prima domanda che viene posta è *“Avete a che fare con prodotti adatti alla produzione con un flusso continuo?”*.

Infatti, non tutti i prodotti potrebbero essere adatti a questo tipo di layout. In generale, sarebbe bene che i prodotti e la cella rispettino determinate caratteristiche per rendere più agevole il processo di implementazione:

- 1) Flessibilità; Spesso quando abbiamo un prodotto ad elevata richiesta potrebbero esserci linee o celle dedicate interamente a quel prodotto. In generale però, come sappiamo, è bene raggruppare i prodotti in famiglie, e livellare il mix di

produzione. In questo modo si può facilmente fronteggiare un'eventuale richiesta variabile da parte dei clienti. Quindi è condizione necessaria che la cella abbia una certa flessibilità, e sia in grado di lavorare anche prodotti diversi tra loro.

- 2) Tempi di Lavorazione dei diversi Pezzi; è necessario che il contenuto di lavoro tra due prodotti diversi non vari di più del 30% rispetto agli altri pezzi della famiglia, specialmente quando abbiamo a che fare con un nastro che scorre con continuità.
- 3) Lavorazioni ed Attrezzature simili; è intuitivo che se gli operatori si troveranno a dover effettuare lavorazioni estremamente differenti probabilmente sarà molto più facile riscontrare problemi nella qualità dei prodotti e nel flusso continuo. Spesso prodotti con lavorazioni molto diverse sono lavorati in celle separate.
- 4) Quantità di Lavoro per il Singolo Operatore; quando il *tempo di takt* scende al disotto dei dieci secondi per l'elevata richiesta di un prodotto, il lavoro di un operatore rischia di diventare estremamente ripetitivo e frustrante. Quando si verificano questi casi sarebbe bene assegnare più celle al singolo operatore. Al contrario, quando il takt è troppo ampio, diventa complicato standardizzare il lavoro e sarebbe bene aggiungere ulteriori tipologie di prodotti nella cella per cercare di ridurre il tempo di lavoro, ove possibile.
- 5) Posizione Geografica del Cliente; quando i clienti sono estremamente lontani dalla cella di produzione e i costi di spedizione risultano piuttosto alti potrebbe esser conveniente costruire celle più vicine ai clienti più stabili.

## 2.4.2 Takt Time

Una volta determinati i prodotti che assegneremo al pacemaker, il prossimo passo sarà la determinazione del *takt time*. Come sappiamo, esso sincronizza la produzione della cella con la richiesta da parte del cliente (per la determinazione del *takt time* vedi paragrafo 1.11.1).

Per capire se stiamo facendo un buon lavoro, l'indicatore più significativo è il tempo di Ciclo, che come sappiamo, è l'intervallo di tempo che passa tra la produzione di due prodotti finiti. Infatti confrontando il tempo di ciclo con il takt siamo subito in grado di capire se stiamo fornendo al cliente ciò che vuole, quando vuole.

A questo punto potrebbe sorgere una domanda: come si può standardizzare il lavoro su un parametro basato sulla domanda del cliente, che è comunque destinata a variare nel tempo?

Cambiare spesso il takt time di un flusso potrebbe essere controproducente. Generalmente per la sua definizione ci si basa su dati medi, raccolti durante un intero anno. Per poter contrastare eventuali picchi di domanda da parte della clientela si dispongono dei piccoli stock di prodotti finiti.

Per quanto riguarda il Tempo di Ciclo, è conveniente fissarlo inferiore al tempo di takt. Questo consente di poter contrastare eventuali problemi rimanendo all'interno dei limiti di tempo.

Bisogna porre una certa attenzione affinché non sia fin troppo minore del takt: questo porterebbe ad una sovrapproduzione e vanificherebbe gli sforzi.

### **Impostare il Ritmo di Produzione**

Non esiste un unico tempo di takt corretto per il flusso continuo.

Come sappiamo il takt per un singolo prodotto è definito dal cliente, non è un parametro modificabile. È possibile però, gestirlo diversamente all'interno della cella:

- Modificando la famiglia di prodotti.
- Aumentando o diminuendo le ore di lavoro.
- Modificando il numero di celle che producono un determinato prodotto.

Tuttavia non sempre possiamo apportare questo tipo di modifiche alle celle in base alle circostanze con cui si ha a che fare. Ad esempio, una cella che lavora pezzi pesanti ed ingombranti è sempre meglio mantenere tempi di takt piuttosto ampi per non stressare eccessivamente l'operatore.

L'aggiunta di prodotti finiti a celle già esistenti, piuttosto che costruire interamente nuove celle, porterebbe ad ampissimi risparmi di capitale da parte dell'impresa.

Quando si costruisce una nuova cella, inizialmente è bene avere a disposizione uno stock di pezzi finiti, per permettere una corretta impostazione del tempo di ciclo ed al contempo evitare eventuali problemi con la richiesta dei clienti.



### 2.4.3 Lavoro

Abbiamo fin ora definito il tipo di pezzi e il takt time da assegnare al pacemaker. La prossima domanda che viene posta a questo punto è: “Quali sono le operazioni che devono essere effettuate nelle varie attività per la produzione di un pezzo?”.

Per rispondere a questa domanda risulta agevole costruire una sorta di tabella chiamata “*Process Study Form*” in cui dividiamo in tante fasi ogni processo della cella.

Questo consente di mettere realmente in luce gli sprechi. È necessario osservare le fasi di lavorazione più e più volte per avere realmente in chiaro quali operazioni sono a valore aggiunto e quali invece sono superflue. Come sempre, sarebbe più agevole svolgere questa fase a matita dal momento in cui è probabile che qualche operazione di lavoro sfugga a primo impatto. È bene far controllare la lista delle fasi anche agli operatori del processo una volta costruita la tabella, chi meglio di loro può aiutarci a capire tutte le fasi che svolgono direttamente in prima persona?

È molto importante essere cortesi con gli operatori di lavoro che svolgono le attività. Si sentiranno osservati e reagiranno come se il processo è giudizioso nei loro confronti. Potrebbe essere utile spiegare cosa si sta facendo, senza disturbare il lavoro degli operatori. Quello che deve essere catturato è il “tipo di lavoro” che deve essere svolto, non “come” è svolto.

Come già anticipato, durante la raccolta di informazioni e dati potrebbero essere già visibili alcuni sprechi notevoli. Nella costruzione della *Product Study Form* c'è una fase

chiamata *Paper Kaizen*, che consiste nel non inserire nella tabella sprechi già evidenti che possono essere quanto prima eliminati.

In questa tipologia di sprechi generalmente ritroviamo:

- Spostamenti degli operatori
- Attività fuori dal ciclo per gli operatori. Questo tipo di operazioni non vanno considerate come fasi di lavoro, anche se necessarie al processo. Andrebbero affidate ad altri operai che non lavorano in dipendenza del takt.
- Operatori in attesa della lavorazione della macchina.
- Tempi per la rimozione dei pezzi finiti ove è possibile installare la “rimozione automatica”<sup>25</sup> dei pezzi finiti.

#### **2.4.4 Tempo**

È necessario misurare il tempo di ogni singola fase di lavorazione in prima persona. Mai fare affidamento su dati già raccolti o su dati standardizzati.

Un membro del team dovrà munirsi di cronometro e recarsi in officina per vedere con i propri occhi le fasi e raccogliere le informazioni necessarie.

Cronometrando dapprima le singole fasi ed in seguito l'intero ciclo di lavorazione, la differenza tra i due tempi saranno degli sprechi.

---

<sup>25</sup> L'operatore al termine del takt, quando torna alla macchina per caricare un nuovo pezzo e mandarlo in lavorazione, trova la macchina già aperta e deve solo caricarla.

Sarà necessario cronometrare più volte ogni elemento di lavoro per ottenere dati significativi. Infatti, se non avete familiarità con questo compito, la letteratura suggerisce di cronometrare ogni elemento dieci volte. Si tratta di un lavoro molto impegnativo, ma la pratica è l'unico modo per diventare abili. Il cronometraggio richiede molto lavoro e tempo, anche se siete molto esperti.

### ***Paper Kaizen e OBC***

Grazie alla Paper Kaizen possiamo subito individuare ed eliminare i processi a valore non aggiunto. Al termine di questa attività è necessario ricalcolare i tempi effettivi ottenuti con l'eliminazione delle operazioni superflue.

Dati alla mano, possiamo costruire uno strumento molto utile per i membri del team, ossia l'OBC anche nota come "Diagramma di Bilanciamento degli Operatori".

Secondo la definizione del *Lean Enterprise Institute*,

*"L'OBC è uno strumento grafico che aiuta la creazione di un flusso continuo in un processo multistep, multioperatore, distribuendo gli elementi di lavoro dell'operatore in relazione al tempo di tak $\ddot{t}$ . (Chiamato anche diagramma di carico dell'operatore o scheda Yamazumi).*

*Un OBC utilizza barre verticali per rappresentare la quantità totale di lavoro che ogni operatore deve fare rispetto al tak $\ddot{t}$  time. La barra verticale per ogni operatore è costruita impilando piccole "mattoni" che rappresentano i singoli elementi di lavoro, con l'altezza di ogni elemento proporzionale alla quantità di tempo richiesto. La creazione di un grafico di equilibrio dell'operatore aiuta nel compito critico di ridistribuire gli*

*elementi di lavoro tra gli operatori. Questo è essenziale per ridurre al minimo il numero di operatori necessari, rendendo la quantità di lavoro per ogni operatore molto simile, ma leggermente inferiore al tempo necessario.”<sup>26</sup>*

Una prima OBC va costruita dopo i primi miglioramenti apportati in seguito al kaizen iniziale. Sarà sicuramente necessario costruirne altre man mano che vengono eliminati gli sprechi e i tempi si riducono.

Generalmente si tende a massimizzare l'utilizzo degli operai piuttosto che quello delle macchine. Una macchina ferma che attende l'operatore può sembrare un sottoutilizzo, ma sollecitare al massimo le macchine massimizzandone la produzione porterebbe al peggior spreco esistente: la sovrapproduzione.

## **2.4.5 Macchine a Disposizione**

In questa fase ci concentriamo sulle Macchine.

La quinta domanda che viene posta è infatti: “Le macchine a vostra disposizione possono lavorare al takt time?”.

Va definito il tempo di ciclo effettivo di ogni macchina, che comprende anche tempi di carico/scarico e i tempi di Setup. Una volta raccolti i tempi di ciclo per ogni macchina, andranno confrontati al takt time.

L'ideale sarebbe impostare tempi di ciclo effettivi che non siano maggiori dell'80% del takt. In questo modo gli operatori non dovranno perdere tempo prezioso nell'attesa di

---

<sup>26</sup> <https://www.lean.org/lexicon/operator-balance-chart>

macchine in lavorazione, inoltre il 20% di differenza consente anche uno spazio che può essere riempito con attività a valore aggiunto nei periodi di incrementi della domanda.

Se questa condizione non fosse rispettata dovrebbero essere adottate una serie di soluzioni per il kaizen delle macchine, cercando di ridurre i tempi di ciclo effettivi.

Nel caso in cui si tratti di un nuovo impianto, si opta sempre per l'acquisto di macchine più semplici e versatili, piuttosto che super-macchine in grado di svolgere molteplici attività. Questo è dovuto all'elevata variabilità della domanda, anche nei settori più stabili.

#### **2.4.6 Automazione**

L'automazione può aiutare ad ottenere un flusso continuo di materiale efficiente e flessibile. Ma progettata o utilizzata nel modo sbagliato, l'automazione può anche inibire il flusso. È essenziale capire come macchina e uomo interagiscono tra loro.

Per un lavoro agevolato degli operatori nel flusso è necessaria almeno un'Automazione di Livello 2. Questo tipo di macchine sono in grado di completare le lavorazioni senza il supporto dell'operatore, consentendo a quest'ultimo anche di gestire più stazioni all'interno del takt time. Assicuratevi di utilizzare la *'one-touch automation'* in modo che gli operatori si possano muovere in modo efficiente. L'automazione *one-touch* significa che una volta che l'operatore ha caricato e avviato la macchina, non è più necessario che si trovi sulla macchina durante il resto del ciclo della macchina.

Purtroppo questo livello di automazione è efficace solo quando è possibile scaricare il pezzo lavorato dalla macchina con una sola mano. Nel caso in cui non sia possibile questa operazione l'Automazione di Livello 2 potrebbe non bastare.

L'Automazione di Livello 3 risolve questo problema, infatti al termine del ciclo della macchina, essa è in grado di rimuovere automaticamente il pezzo finito senza manipolazioni supplementari. Queste macchine non sono eccessivamente costose dal momento in cui non è richiesta una particolare precisione nell'espulsione dei pezzi.

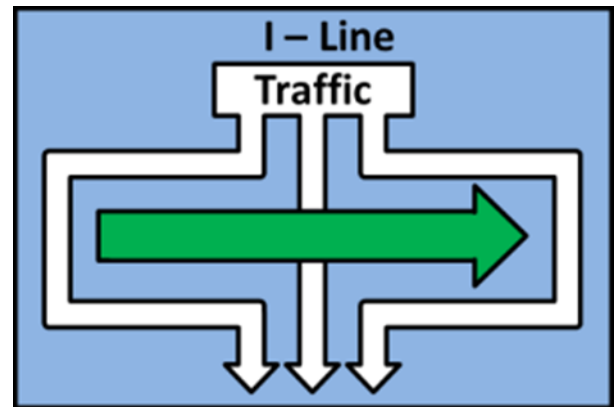
Un'automazione di livello superiore potrebbe creare problemi al flusso continuo ed è di solito sconsigliata.

### **2.4.7 Cell Design**

Una buona tattica per il Cell Design potrebbe essere quella di disporre macchine, postazioni di lavoro e i dispositivi di rifornimento del materiale come se un solo operatore realizzasse il prodotto dall'inizio alla fine, anche se la cella non funzionerà mai in questo modo. Quando si progetta un processo in modo che una sola persona possa muoversi attraverso di esso ed eseguire in modo efficiente tutti gli elementi di lavoro, si progetta automaticamente un processo che evita "isole di attività isolate", riduce al minimo l'accumulo di scorte tra i processi, elimina l'eccessivo spostamento degli operatori, rimuove gli ostacoli nei percorsi pedonali, e porta le fasi di lavoro guidate dalle persone, che creano valore, il più vicino possibile l'una all'altra. Questo è sicuramente il layout più efficiente, anche se il numero corretto di operatori deve ancora essere determinato.

Possono essere adottati diversi Layout per le celle. Quelli più diffusi ed utilizzati sono:

- Lineare: utilizzata per linee molto corte ed automatizzate. Talvolta è anche usato in linee che necessitano di fluire in modo rettilineo. Il materiale può essere rifornito da entrambi



i lati e questo agevola il processo. Tuttavia nel caso in cui la linea debba essere estremamente lunga risulterebbe ingombrante e fungerebbe da “barriera” all’interno dell’impianto.

- Ad “U”: utilizzata prevalentemente per linee con lavorazioni manuali, meno per quelle molto automatizzate. Gli operatori si trovano a lavorare all’interno della “U”, mentre il materiale è rifornito



dall’esterno. Questo layout è vantaggioso dal momento in cui qualche operatore debba gestire più di una singola stazione.

- Ad “S”: utilizzata con linee estremamente lunghe. Richiede l’installazione di ponti o sottopassi in modo che la linea non funga da ostacolo all’interno dell’impianto. È sostanzialmente formata da più celle Lineari “raccordate”.



Anche il flusso dei materiali dovrà essere organizzato in modo che non rechi problemi alla continuità della produzione, soprattutto per quanto riguarda il rifornimento. È infatti molto importante che tutti i pezzi necessari alle lavorazioni siano sempre a portata di mano degli operatori, ponendoli in modo che quest’ultimi possano maneggiarli con entrambe le mani contemporaneamente. Bisogna al contempo fare attenzione che il rifornimento dei materiali nella linea non ostruisca gli spostamenti degli operatori.

Quando non è possibile porre tutte le varianti dei pezzi necessari al processo vicini all’operatore per problemi di ingombro, dovremo aumentare la frequenza dei rifornimenti dal magazzino. Per regolare i “viaggi” del rifornitore di materiale è fondamentale usare i kanban. Essi saranno infatti in grado di segnalare “quando” e “quanto” materiale serve ogni qual volta è richiesto.



## 2.4.8 Numero di Operatori

Approssimativamente, un numero iniziale di operatori necessari alla cella si calcola dividendo il tempo necessario per compiere l'intero ciclo di lavorazione, dopo aver effettuato la *Paper Kaizen*, ed il takt time.

Indicativamente, per una occupazione intorno al 90/95% dell'operatore:

- Se dal calcolo degli operatori otteniamo un numero reale la cui cifra decimale dopo la virgola è minore di 3 (es. 4,2), generalmente si “arrotonda per difetto” e non si aggiunge un operatore supplementare, tentando di ridurre gli scarti ed il lavoro accidentale.
- Se la cifra decimale ottenuta è tra 3 e 5 (es. 7,4), si tenta di rimuovere i rifiuti ed il lavoro accidentale nelle due settimane seguenti, cercando di evitare l'aggiunta di un operatore.
- Se la cifra decimale è maggiore di 5 (es.4,9), occorre aggiungere un operatore, cercando comunque di migliorare il processo.

Tornando al bilanciamento degli operatori, quello che viene fatto di solito è distribuire in egual modo il lavoro nelle varie stazioni all'interno del takt. Questo però può portare a distribuire anche scarti e tempi di attesa.

Un' opzione più *Lean* per la distribuzione del lavoro tra gli operatori, potrebbe essere quella di caricare tutti gli operatori quasi al massimo, tranne uno. In questo modo carichiamo l'attesa quasi tutta su un operatore, rendendo ancor più visibile l'opportunità di kaizen. Infatti con il miglioramento e la riduzione o eliminazione di questi tempi

potremo anche eliminare del tutto la stazione caricata parzialmente, ottenendo notevoli risparmi di capitale.

### **2.4.9 Assegnazione del Lavoro**

La nona domanda che viene posta è: “In che modo sono distribuiti gli elementi di lavoro tra gli operatori?”. Ci sono diverse tattiche che possono essere adottate:

- 1) Assegnazione di più fasi di lavorazione ad un singolo operatore che si sposterà su più stazioni all'interno del takt.
- 2) Utilizzare un “Circuito”, ossia tutti gli operatori svolgono tutte le operazioni della linea, ed il fatto che un operatore sia seguito da un altro a poche stazioni di distanza potrebbe essere uno stimolo in più. I limiti di questa implementazione possono però essere molteplici. Solitamente infatti questa soluzione è molto efficiente con due operatori, con un numero maggiore diventa difficile la gestione del circuito. Inoltre gli operatori devono essere molto qualificati per saper svolgere tutte le elaborazioni di ogni singola stazione.

È intuitivo anche come questa soluzione non possa funzionare se più del 40% di lavoro è concentrata in una singola stazione.

- 3) Implementare un movimento a “Flusso Inverso”. Con questa soluzione gli operatori si muovono in modo opposto rispetto al flusso di materiali. Questo comporta che tra le stazioni ci siano dei punti di “attesa” in cui sono collocati i pezzi utili alla lavorazione. Questo generalmente è utilizzato quando non è ancora

disponibile l'Automazione di terzo livello. Infatti ogni pezzo deve essere maneggiato due volte.

- 4) A volte viene usata una combinazione delle soluzioni precedenti.
- 5) Disposizione di un operatore per stazione, utilizzata quando le operazioni da svolgere sono prevalentemente manuali. L'assegnazione del lavoro è semplice, può risultare più complicato bilanciarlo. Questa soluzione generalmente è accoppiata ad un nastro automatico che scorre a flusso continuo.
- 6) Soluzione a "*Ratchet*". Prevede un numero di stazioni maggiore rispetto al numero di operatori che lavoreranno nella cella. Ogni operatore lavora su due stazioni, e si sposta avanti e indietro ad ogni incremento del takt. Ad eccezione della stazione di partenza e quella di arrivo, in ogni stazione lavoreranno due operatori, uno dopo l'altro. Quando si spostano nella stazione a valle portano il pezzo con sé, mentre quando si spostano a monte lo fanno a mani vuote. Così il flusso di materiale procede in avanti. Ovviamente, il lavoro che dovrà essere svolto nel takt dovrà essere diviso nelle due stazioni equamente, infatti questa soluzione è efficace solo con una ripartizione di questo tipo.

#### **2.4.10 Programmazione del Pacemaker**

Come ben sappiamo, la domanda da parte dei clienti è generalmente destinata a variare notevolmente, sia per quanto riguarda le quantità, sia per la tipologia di prodotti richiesta.

“In che modo verrà programmata la produzione nel Pacemaker?”. Questa è la penultima “domanda” che ci viene posta per progettare il nostro flusso. Sarà necessario applicare un

livellamento del Volume di Produzione e del Mix prodotto. Per l'approfondimento di questi processi vi rimandiamo al primo capitolo di questa tesi.

#### **2.4.11 Variazione della Domanda dei Clienti**

L'ultima domanda alla quale rispondere è "Come reagirà il pacemaker ai cambiamenti della domanda dei clienti?".

La domanda da parte dei clienti ha generalmente fluttuazioni giornaliere, ma tende ad avere un andamento medio piuttosto costante nel corso dell'anno. La gestione di queste piccole fluttuazioni è gestita al meglio con piccoli Supermarket di prodotti finiti. Questo consente ai Manager di apportare modifiche al takt e nell'OBC, per riorganizzare il flusso a lungo termine. Quando si progetta una cella, gli ingegneri dovrebbero preparare scenari "*uno in su*" ed "*uno giù*" per rispondere ai cambiamenti di volume richiesti. Lo fanno disegnando l'OBC per il numero attuale di operatori e per le distribuzioni di lavoro con un operatore in meno ed uno in più. Chiamiamo queste diverse posizioni "*a levetta*" perché sono come le diverse posizioni su un interruttore a levetta. Grazie a questi diagrammi possiamo avere già dati utili riguardanti la variazione della domanda e il conseguente aumento o diminuzione degli operatori nella cella.

Se il volume richiesto aumenta a dismisura si dovrà optare per un aumento di capacità delle macchine se non addirittura della cella. Questo comporta notevoli spese di capitale, redistribuzione del lavoro, flusso del materiale e organizzazione all'interno dell'impianto.

Per questo ogni qual volta si pensi di intraprendere questa strada, ci si accerta prima che non siano possibili ulteriori *kaizen* per migliorare i processi già esistenti.

Tuttavia nelle celle basate principalmente su lavorazioni manuali con operatori disposti in sequenza lungo le stazioni, la gestione del volume di produzione è molto semplificata. Spostando operatori da una stazione all'altra o affidando più stazioni ad un singolo operatore possiamo apportare notevoli modifiche al flusso.

## **2.5 Implementazione del Flusso Continuo**

Prima di mettere in pratica il Flusso Continuo è necessario costruire un Piano di Implementazione che, oltre a guidare il lavoro, è utilizzato per il controllo performance.

Infatti l'obiettivo di questo strumento non è la costruzione del piano in sé, ma piuttosto l'utilizzo costante di esso per il controllo dei progressi e per affrontare problemi.

Una volta che si ha a disposizione un piano di implementazione è il momento di mettere in pratica il progetto.

Inizialmente viene stilato un progetto preliminare da parte di Manager ed Ingegneri del team in base ai dati a disposizione. A partire da questo, con l'aiuto del Team di Produzione si entra più nel dettaglio aumentando man mano il numero di input. Talvolta in questa fase potrebbe esser costruito un prototipo non produttivo del processo. Un prototipo del

processo comprende non solo il processo fisico, ma anche un “Grafico di Lavoro Standard” (SWC) per ogni operatore o postazione di lavoro. Un tipico SWC include i principali passaggi sequenziali in ogni postazione di lavoro, il tempo necessario per ogni passaggio e i punti chiave, come i controlli di qualità o gli aggiustamenti critici. In questa fase devono essere accolte tutte le possibili modifiche per il miglioramento del processo. Il consiglio è sempre quello di costruire a matita questi diagrammi.

Una volta che le idee migliorative sono state applicate al prototipo, si è pronti ad azionare la cella nella sua fase iniziale che viene definita come “*Debugging*”, che corrisponde ad una vera e propria messa a punto. In questa fase vengono eliminati gli errori e viene introdotto il concetto della lavorazione nella cella con tempi regolati dal cliente.

La prima cosa che viene fatta generalmente, è far svolgere l’intero lavoro della linea da un singolo operatore, che al termine delle attività saprà dare fondamentali consigli di miglioramento. In seguito viene aumentato sempre più il numero di operatori che “mettono alla prova” la linea, fino a giungere al numero reale necessario per la lavorazione.

Mentre gli operatori “mettono a punto” la cella, i membri del team devono attentamente osservare il lavoro per cercare di identificare delle possibili attività a valore non aggiunto ed in seguito cercare di eliminarle.

Il periodo di *Debugging* dura finché il processo non lavora come previsto. Generalmente è necessaria qualche settimana.

### **2.5.1 Mantenere il Flusso**

Una volta terminata la fase di Debug, si passa al funzionamento vero e proprio della cella. In questa fase è fondamentale che i membri del team e gli ingegneri continuino a monitorare l'andamento del processo. Il loro compito è infatti quello di supervisionare la linea per identificare istantaneamente i problemi, cercando di cancellarli quanto prima.

Un buon modo per monitorare la cella a lungo termine è anche quello di applicare una sorta di “*revisioni*” periodiche a livelli sovrapposti. Questo consente un costante miglioramento del processo, con i “nostri occhi” che in questo modo puntano sempre al flusso. In questo sistema di sovrapposizione, i Team Leader controllano il lavoro degli Operatori, i Supervisor controllano i Team Leader, gli “Area Manager” controllano i Supervisor e il Responsabile dell'Impianto controlla l'impianto.

### **2.5.2 Continuare a Migliorare**

Il Flusso Continuo è molto difficile da sostenere. Se non si attuano dei sistemi di controllo periodici probabilmente col passare del tempo nasceranno dei problemi che impediscono al flusso di scorrere come previsto. Una buona soluzione sarebbe quella di svolgere un'analisi dettagliata del processo ogni 30 giorni, cercando di individuare gli eventuali problemi e migliorare ulteriormente il processo. Questo aiuta non solo nell'identificazione dei problemi, ma soprattutto permette di “*sradicare*” gli sprechi permanentemente dai processi. Logicamente è necessario eliminare gli eventuali

problemi quanto prima, per non rischiare che il miglioramento di una fase si sovrapponga all'analisi successiva.





### 3. CASE STUDY: “ABS PLANT”

Nel seguente capitolo analizzeremo, dal punto di vista pratico, un caso di studio reale riguardante la messa in pratica del VSM<sup>27</sup>.

Il caso di studio in esame è riguardante una grande acciaieria integrata chiamata “ABS”.

L’approccio utilizzato segue le tecniche standard della VSM: a partire dallo Stato Attuale sono stati identificati gli sprechi ed i *Muda* da eliminare per migliorare il processo. Il passo successivo è stato la costruzione della *Future State Map*.

L’implementazione è stata incentrata soprattutto sull’eliminazione dei rifiuti e degli scarti nel flusso. Alcuni dei principi fondamentali della *Lean* utilizzati sono:

- Produzione attraverso Celle.
- Just-in-time (JIT), sistema secondo il quale la domanda del cliente movimentata l’intero flusso di produzione (per maggiori dettagli consultare il primo capitolo di questa tesi).
- Kanbans

---

<sup>27</sup> Value Stream Mapping

- Manutenzione preventiva totale (TPM), in cui il focus non è più cercare di risolvere i problemi, ma prevenirli attraverso delle manutenzioni periodiche alle macchine.
- Riduzione dei tempi di Setup per le macchine
- TQM (Total Quality Management), ossia un approccio manageriale incentrato sulla Qualità e basato sulla partecipazione di tutti i membri di un'organizzazione allo scopo di ottenere un successo di lungo termine attraverso la soddisfazione del cliente.<sup>28</sup>
- 5S, che permette un approccio standard e ripetibile che consente il miglioramento degli standard lavorativi. I cinque passaggi su cui si basa sono:
  - *Seiri* (Separare): separa cosa è necessario al processo da cosa è superfluo e crea intoppi nel flusso.
  - *Seiton* (Riordinare): Porre al proprio posto tutti i “protagonisti” del processo in modo che le lavorazioni possano avvenire nel migliore dei modi.
  - *Seiso* (Pulire): tenere l’ordine costate e pulire.
  - *Seiketsu* (sistematizzare o standardizzare).
  - *Shitsuke* (diffondere o sostenere).

---

<sup>28</sup> <https://www.qualitiamo.com/>

### 3.1 Sistemi di Simulazione a Supporto della VSM

Spesso per impianti abituati alla produzione con tecniche classiche è ancor più complicata l'implementazione delle tecniche *Lean*, probabilmente per l'elevato impegno richiesto a tutti i livelli e per le elevate differenze di gestione della produzione nell'impianto.

Oltretutto, non sempre si può giungere ad una mappa dello stato futuro in poco tempo, potrebbe essere ben più complicato. Uno strumento che viene in aiuto in questi casi è la Simulazione, che è in grado di generare il fabbisogno di risorse e statistiche riguardanti la performance, pur rimanendo flessibile ad alcuni aspetti più specifici. Può essere utilizzato per gestire l'incertezza della domanda, e per visualizzare eventuali andamenti dinamici degli inventari e dei *lead time* con una nuova disposizione delle macchine per lo stato futuro. Consente quindi di quantificare il ritorno dell'investimento derivato dall'utilizzo dei principi della produzione snella, e l'impatto di quest'ultimo sul sistema complessivo.

Una volta che l'impianto è in funzionamento potrebbe anche esser utilizzato come controllo performance.

## 3.2 Descrizione dell'Impianto

L'ABS produce diverse tipologie di acciaio, principalmente utilizzate per elettrodomestici. Il processo della VSM in particolare sarà incentrato su una famiglia di prodotti, vale a dire quelli Ricotti. In questa famiglia possiamo identificare tre parti: ricotti a bobina aperta (OCA), ricotti con idrogeno a lotti (HBA) e ricotti in continuità (CA).

La domanda media dei clienti è 76.500 tonnellate/mese. La richiesta delle diverse varietà di pezzi è distribuita in questo modo:

- 8.500 tonnellate/mese di OCA
- 10.000 tonnellate/mese di CA
- 58.000 tonnellate/mese di HBA

I processi di questa famiglia iniziano in un altoforno. Le materie prime in questa fase sono residui di polvere di ferro, coke e calce, che sono inseriti nella parte superiore dell'altoforno. Il materiale fuso viene poi versato in grandi contenitori, che permettono al ferro liquido di raggiungere la fase di ossigenazione di base (BOP), dove sono aggiunti rottami ed è soffiato ossigeno che lega il carbonio in eccesso e permette di formare la forma iniziale dell'acciaio liquido.

A seconda dello stato finale che deve essere ottenuto, questo fuso può esser lavorato in un impianto metallurgico a siviera (LMF) o ad un degasatore, per affinare ulteriormente e rimuovere le impurità dall'acciaio liquido.

Una volta raffinato, il fuso va ad una macchina per la colata continua a doppia elica, dove le lastre di acciaio sono colate in base alle dimensioni richieste dai clienti.

Le lastre calde vengono poi spedite su rotaia dal processo di colata continua all'impianto di finitura per ulteriori processi di raffinazione, che includono la laminazione a caldo (HSM), il decapaggio, riduzione a freddo (CR), ricottura (OCA, HBA o CA), tempra (TM), ed infine, la spedizione.

Il reparto di pianificazione riceve ordini da due tipologie di clienti: a Ripetizione e "*Spot Business*" (a mercato aperto). Quelli a ripetizione sono ricevuti all'incirca settimanalmente e sono piuttosto standard. Quelli riguardanti lo Spot Business possono invece essere ordini giornalieri. Attualmente ci sono due gruppi di pianificazione separati: uno è per l'acciaio liquido a caldo, che di solito comprende l'altoforno e la rotaia, e il secondo è per il processo di finitura, che gestisce il prodotto dall'HSM fino alla spedizione.

Quando un ordine arriva viene inserito nel sistema di pianificazione e viene definito anche il tempo entro il quale deve esser "soddisfatta" tale domanda, definendo così un programma di produzione, che non solo funge da guida ma anche da controllo performance durante il processo.

L'ABS utilizza tre modalità di spedizione: aereo, ferrovia e nave.

L'impianto lavora su base continuativa, 24h al giorno per tutto l'anno, eccetto nei periodi di chiusura. Tutti i processi lavorano su tre turni, tranne quello per la CA, che lavora su due turni. Ogni turno ha la durata di 8h.

### 3.3 Current State Map

La procedura per la raccolta dei dati nella mappatura dello Stato Attuale è avvenuta secondo i principi elencati nel primo capitolo di questa tesi: a partire dai processi a valle del flusso (in questo caso la spedizione), si raccolgono dati a ritroso fino ai processi dell'altoforno.

Alcuni dei principali dati raccolti sono stati:

- Tempo di Ciclo (CT).
- Livelli di accumulo dei materiali tra un processo e l'altro.
- Numero di Operatori.
- Tempi di Setup (CO).

Nella mappa possiamo notare i vari box di processo. All'interno di ogni box c'è un valore che indica il numero di operatori. Sotto ogni box di processo troviamo una casella che indica i dati riguardanti il CT di processo, l'affidabilità della macchina (MR), il numero dei turni, e il tempo di Setup. Questi dati sono stati tutti raccolti dai membri del team della VSM "passeggiando" nell'officina.

Possiamo notare due triangoli di inventario davanti ad alcuni processi. Uno è riferito ai prodotti ricotti e l'altro per tutti gli altri prodotti. Questo sta ad indicare che anche altri

pezzi potrebbero essere lavorati in questo flusso oltre quelli ricotti, quindi l'accumulo di materiale tra i processi potrebbe essere maggiore.

Una volta raccolti i flussi di informazioni e materiale, vengono riportati nella mappa tramite i classici simboli corrispondenti, ossia frecce che collegano i vari box (vedi cap.1).

Sotto i vari box di processo ritroviamo la *timeline*, in cui sono riportati due dati in particolare. Il primo indica i giorni di attesa della produzione (in giorni), ottenuto sommando il *lead time* riportati sotto ogni triangolo di inventario prima di ogni processo. Il tempo per un triangolo di inventario è calcolato dividendo la quantità d'inventario con le esigenze quotidiane dei clienti. Ad esempio, il tempo di consegna per il triangolo di inventario prima del decapaggio è di 17,65 giorni; questo è calcolato dividendo 45.000 tonnellate (l'inventario totale prima del decapaggio) di 2550 (il tasso di domanda medio giornaliero per il prodotto ricotto).

Il valore totale di attesa osservato è di circa 46 giorni. I processi realmente a valore aggiunto in tutto questo tempo sono molto scarsi rispetto al tempo totale: 3 giorni sono impiegati per il raffreddamento delle bobine in seguito ai processi dell'HSM, il resto del tempo non è a valore aggiunto.

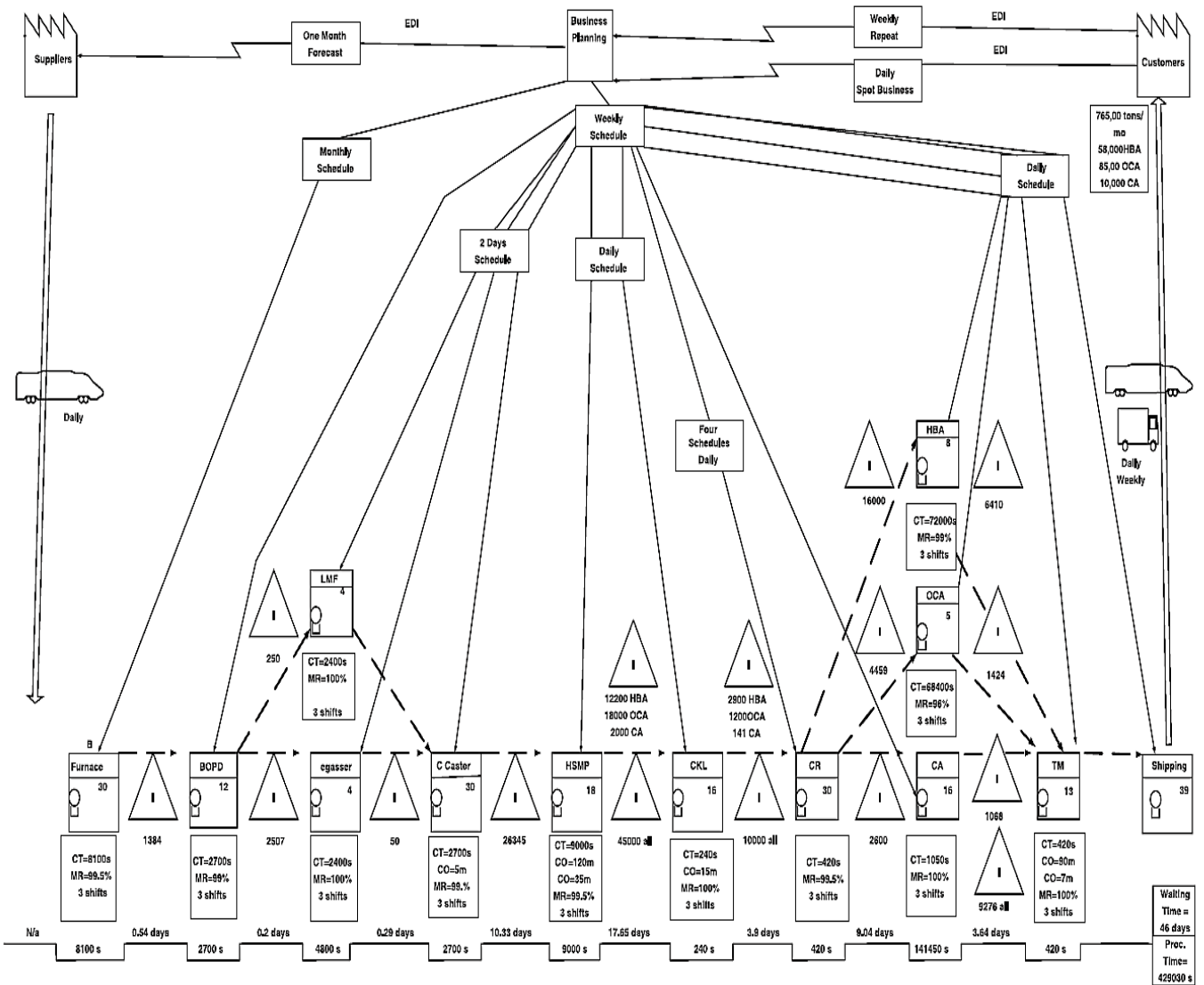
C'è da notare che non sono state considerate le materie prime. Questo perché l'ABS possiede delle miniere ed altre fonti per il reperimento di tutto ciò che occorre ai processi. Questo fa sì che l'approvvigionamento non sia un problema per l'impresa.



Il secondo elemento della linea temporale al disotto dei vari box di processo è il “tempo a valore aggiunto”. Questo è calcolato sommando tutti i vari tempi di lavorazione dell'intero processo.

Il CT per ogni processo è il CT medio, che è stato determinato utilizzando i dati effettivi della compagnia. Il lead time totale risulta quindi essere di 48 giorni.

Se alla somma dei tempi a valore aggiunto sono considerati anche i tre giorni necessari al raffreddamento delle bobine dopo l'HSM, il tempo totale a valore aggiunto sarà circa 51 giorni (429.030 s). Ciò corrisponde a poco più del 10% del totale tempo di produzione.



### 3.4 Future State Map

La costruzione della Mappa dello Stato Futuro inizia durante la stesura della Mappa dello Stato Attuale, quando cominciano a sorgere i problemi e di conseguenza le aree su cui agire con più urgenza. Osservando la mappa dello stato attuale, diversi problemi sono facilmente individuabili:

- Grandi scorte di materiali che bloccano il flusso
- Notevole differenza tra i tempi totali di produzione (51 giorni) e i tempi a “valore aggiunto” (5 giorni)
- Ogni processo produttivo lavora secondo il proprio programma senza tener conto degli altri

I primi due punti possono essere considerati come correlati, è intuitivo infatti che bloccando il flusso in diversi punti di inventario, il *lead time* complessivo di produzione tende a dilungarsi.

Come nella trattazione del primo capitolo di questa tesi, per creare una Mappa dello Stato Futuro, è stato seguito un metodo sistematico. Questo permette, attraverso una serie di semplici domande, di identificare i problemi e di conseguenza creare una Mappa Ideale di come dovrebbe fluire il processo, identificando quindi gli obiettivi.

### 3.4.1 Quanto vale il Takt Time?

Come sappiamo, il *Takt Time* corrisponde al tempo con il quale il processo dovrebbe produrre pezzi in modo da soddisfare la richiesta del cliente. Si calcola dividendo il tempo giornaliero disponibile per la produzione con il tasso di domanda giornaliero del cliente. Il flusso di prodotti ricotti richiede 76.500 tonnellate al mese. Dividendolo per 30 giorni, il fabbisogno giornaliero richiesto è 2550 tonnellate. Ogni bobina ha un peso medio di 20 tonnellate, quindi questo si traduce in circa 127 bobine al giorno.

L'ABS esegue continuamente 3 turni al giorno, ciò significa che sono disponibili circa 1440 minuti lavorativi al giorno. Quindi il *takt time* sarà  $(1440/127) = 11.3$  minuti a bobina.

### 3.4.2 La produzione sarà destinata alla Spedizione o ad un Supermarket di Prodotti Finiti?

L'ABS detiene i prodotti ricotti in un'area di accumulo in cui i pezzi sono in attesa della spedizione. Purtroppo questo è fatto tramite un sistema di *push*, che porta a lunghi tempi di attesa per lo *shipping*<sup>29</sup>. Sarebbe ben più logico impostare uno stoccaggio di prodotti finiti basato su un Supermarket regolato dai *Kanban*. In questo modo l'ultima fase del processo, ovvero la TM, riceve segnali di produzione dai kanban ogni qual volta l'inventario del Supermarket scende al disotto di un livello minimo.

---

<sup>29</sup> Spedizione

### **3.4.3 Dove dovranno essere posizionati i Pull System all'interno del flusso?**

Il lato “caldo” dell'ABS comprende processi a flusso continuo, per cui non ha senso installare un Pull System in queste fasi del flusso. Piuttosto risulterà necessario nelle fasi finali del flusso, dove ci sono notevoli quantità di accumulo tra una stazione e l'altra.

Oltre al Supermarket di prodotti pronti per la spedizione, consigliato nella seconda domanda, saranno necessari altri sei Supermarket. Questi saranno in grado di garantire la continuità del flusso nelle fasi finali della produzione (parte “a freddo”):

- Prima del Decapaggio
- Prima del CR
- Prima di ogni processo di ricottura (HBA, OCA, CA)
- Prima del TM

Ogni volta che un carico di spedizione è ritirato dal Supermarket finale di spedizione, un *kanban* invia un segnale al TM tramite il box di carico (*Heijunka*). Questo innesca anche la produzione nelle fasi precedenti.

Il primo Supermarket consigliato è quello prima della fase di Decapaggio, dopo l'HSM. Quest'ultimo processo riceve segnali dalla spedizione per rifornire il Supermarket del Decapaggio ogni qual volta lo stoccaggio scenda al disotto di un determinato livello minimo.

Il secondo Supermarket consigliato è quello che stabilizza il processo di CR per i prodotti ricotti. Inoltre, l'ABS esegue una produzione a lotti per le bobine a seconda della larghezza, il calibro e il prodotto finale. Questo porta alla necessità di un Supermarket per gestire i cambi di Setup e per far sì che i tempi siano rispettati. Anche qui la miglior soluzione risulta essere quella di un Supermarket regolato da *kanban*.

Il terzo, quarto e quinto Supermarket dovrebbero esser posizionati dopo il CR e prima di ogni processo di ricottura. Anche qui, la miglior soluzione è la gestione dello stoccaggio tramite *kanban*.

L'ultimo Supermarket consigliato è quello prima del processo TM. Qui circa il 96% dei prodotti che vengono lavorati provengono dalla ricottura, per cui è conveniente riservare questo Supermarket esclusivamente per i prodotti ricotti.

#### **3.4.4 Dove può essere utilizzato il Flusso Continuo?**

I macchinari dell'industria siderurgica sono tali da non poter esser facilmente spostati o incorporati in una linea cellulare.

Tuttavia nel lato "caldo" della linea ci sono diversi punti in cui può essere instaurato un flusso continuo. Nella maggior parte degli impianti di questo tipo, la finitura (acciaio solido) e il lato caldo (acciaio liquido) sono nella stessa area.

Nel caso dell'ABS queste due aree sono distanti circa nove miglia. Questo consente di installare un Pull System. L'introduzione di un Supermarket gestito tramite *kanban* permette di accelerare le lavorazioni del lato "freddo" fino alla velocità di processo del

collo di bottiglia, che, come vediamo dallo Stato Attuale, è tra il Decapaggio e il CR. In questo modo il processo inizia a fluire continuamente.

### **3.4.5 Dove posizionare il Pacemaker Process?**

Come sappiamo, il Processo del Pacemaker è l'unico punto del flusso di valore che deve essere programmato per evitare la sovrapproduzione. Questo è in grado di regolare sia il ritmo dei processi a monte, sia quelli a valle.

A monte i processi sono regolati tramite *kanban*, mentre a valle del Pacemaker la produzione deve avvenire tramite Flusso Continuo.

Nell'ABS, dato che il lato "caldo" e quello "freddo" sono in due strutture differenti, non è realistico programmare la produzione in un solo punto del flusso di valore. Per questo verrà rilasciata una programmazione nella fase a colata continua in modo da regolare tutto il lato caldo, mentre per il lato freddo è stato scelto il TM come Pacemaker Process. Essendo l'ultimo processo del lato di finitura, è in grado di regolare il ritmo di tutti i processi a monte.

### **3.4.6 Come livellare la produzione al Pacemaker?**

È fondamentale livellare la produzione dei tre prodotti ricotti a livello del Pacemaker. La produzione dovrebbe esser distribuita in modo uniforme nel corso del tempo disponibile.

Questo permetterà all'ABS di evitare lunghi tempi di consegna e soprattutto grandi quantità di scorte e accumulo dei materiali.

L'idea è programmare il processo Pacemaker (TM) in modo tale che i diversi pezzi siano prodotti ad un tasso costante. Viene utilizzata una semplice formula che permette di rendere costante il tasso di produzione per diversi prodotti livellati, nel nostro caso saranno tre:

$$d_{ij} = (j - 0.5) * (T / D_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$
$$j = 1, 2, \dots, D_i,$$

Dove "n" è il numero di prodotti che dev'essere livellato, mentre "D<sub>i</sub>" indica il numero di unità richieste ogni giorno del prodotto "i".

$T = D_1 + D_2 + \dots + D_n$ ; dove "T" è il numero totale di unità giornaliere che dovrà esser prodotto. L'indice "j" indica la lavorazione, mentre "d<sub>ij</sub>" indica la posizione ideale della lavorazione "j" sul prodotto "i" nella sequenza totale.

Nel nostro caso  $n = 3$ , mentre i valori "D<sub>i</sub>" sono: 98, 14 e 15 per HBA, OCA e CA, rispettivamente. Il "T" è pari a 127.

Ordiniamo i "d<sub>ij</sub>" come indicato nella seguente tabella.



Product ( <i>i</i> )	Unit ( <i>j</i> )	$d_{ij}$	$d_{ij}$ (sorted)	Product-unit
HBA	1	0.648	0.648	HBA – 1
	2	1.944	1.944	HBA – 2
	3	3.240	3.240	HBA – 3
	4	4.536	4.233	CA – 1
	5	5.832	4.536	HBA – 4
	6	7.128	4.536	OCA – 1
	7	8.423	5.832	HBA – 5
	8	9.719	7.128	HBA – 6
	9	11.015	8.423	HBA – 7
	10	12.311	9.719	HBA – 8
	11	13.607	11.015	HBA – 9
	12	14.903	12.311	HBA – 10
	13	16.199	12.700	CA – 2
	14	17.495	13.607	HBA – 11
		13.607	OCA – 2	
OCA	1	4.536	14.903	HBA – 12
	2	13.607	16.199	HBA – 13
			17.495	HBA – 14
CA	1	4.233		
	2	12.700		

### 3.4.7 Quale sarà il Pitch costantemente rilasciato al Pacemaker?

Non essendoci nessuna dimensione tipo per i contenitori nell'industria siderurgica (viene mossa una bobina alla volta), il numero di *kanban* sarà lo stesso dell'attuale domanda giornaliera di OCA e CA. Tuttavia, un *kanban* corrisponderà a sette bobine per l'HBA.

La seguente tabella mostra il numero di *kanban* necessari.

### Number of kanbans required by product

Product	Daily demand (coils)	Transfer lot size (coils)	Required number of kanbans
HBA	98	7	14
OCA	14	1	14
CA	15	1	15

Considerando un tempo di takt di circa 11.3 minuti, e la dimensione del lotto di trasferimento di nove bobine, il *Pitch* sarà di circa 1.40 h. Ciò vale a dire che l'operatore arriverà al TM, rimuoverà i *kanban* necessari dall'*Heijunka* corrispondenti al nuovo incremento di lavoro, spostando in seguito le bobine appena lavorate nel precedente *Pitch* fino all'area di spedizione.

Il numero di *Pitch* è calcolato dividendo la richiesta giornaliera per la quantità di trasferimento, mentre il tempo richiesto dai prodotti per rimuovere ogni *kanban* dall'*Heijunka* si calcola dividendo il tempo giornaliero disponibile, con il numero di *Pitch* per ogni prodotto, come illustrato nella seguente tabella.

### Number of pitches and material transfer times

Product	Pitches per day	Material transfer time
HBA	$98/7 = 14$	$1440/14 = 102 \text{ min}$
OCA	$14/1 = 14$	$1440/14 = 102 \text{ min}$
CA	$15/1 = 15$	$1440/15 = 96 \text{ min}$

L'*Heijunka* è quindi diviso in 14 colonne, ciascuna corrispondente ad 1.40 h, che rappresenta proprio l'incremento di lavoro al TM. Le colonne di ogni *Pitch* sono divise in tre righe, ognuna corrispondente ad uno dei tre prodotti ricotti.

### **3.4.8 Quale miglioramento del processo sarà necessario affinché si possa raggiungere lo Stato Futuro?**

Per realizzare il progetto dello Stato Futuro dell'ABS saranno necessari una serie di miglioramenti nell'implementazione dello stesso, affinché il flusso di materiale ed informazioni possa avvenire come previsto. Non è realistico aspettarsi di ottenere i benefici dei Supermarket, controllo attraverso kanban, takt time, Pitch, livellamento della produzione, miglioramento continuo, e tutti gli altri principi discussi nei precedenti paragrafi senza il contributo di specifici strumenti di "snellimento".

## **3.5 Strumenti per il Miglioramento dei Processi**

Ci concentriamo su tre tecniche di *Lean Manufacturing* che possono essere quantificate e modellate oggettivamente: un sistema di produzione basato sul *pull modificato*,

riduzione dei tempi di Setup ed infine il TPM, ossia il Totale della Manutenzione Produttiva.

Per analizzare e valutare i diversi scenari possibili per lo Stato Futuro sono stati usati sistemi simulativi di sperimentazione, con i tre fattori precedentemente menzionati.

Sono stati selezionati due livelli per ogni fattore, portando così a 23 combinazioni distinte per ogni replicato.

### **3.5.1 Sistema di Produzione**

Per questo fattore i due livelli messi a confronto sono: quello basato sul *Pull*, e quello “ibrido” *Pull - Push*”.

Il sistema *Push* rappresenta quello attuale dell’ABS, in cui le bobine sono “spinte” all’interno del processo. Quello ibrido è invece stato progettato per la mappa dello Stato Futuro. In quest’ultimo infatti, nel lato “caldo” ci sarà un sistema *Push*, mentre per il lato “freddo” ci sarà un sistema *Pull* a partire dall’HSM.

Dall’area intermedia tra i processi a caldo e la linea di Decapaggio, fino poi alla spedizione, è presente un Pull System gestito da kanban. Questo segna il “confine” tra la zona di *Push* e quella di *Pull*.

Nel modello simulativo, l’impianto fino all’HSM rimane invariato. Dal Decapaggio in poi il sistema è di tipo *Pull* gestito tramite kanban.

### **3.5.2 Totale della Manutenzione Produttiva**

Definiamo i due livelli come “*senza*” e “*con*”. Il primo dei due modelli è riferito alla situazione attuale riguardante la manutenzione nell’ABS. Il secondo invece ha come obiettivo quello di discretizzare e dividere il tempo di manutenzione totale in tanti intervalli più brevi e frequenti.

La manutenzione è programmata a “cascata” attraverso il processo, in modo che le carenze di scorte create dall’interruzione del lavoro corrispondano ad una interruzione minima del flusso.

Grazie a questo sistema il TM può significativamente ridurre le scorte, i guasti e di conseguenza anche i tempi di consegna. Questo si traduce generalmente in un aumento dell’Efficacia Totale delle Apparecchiature (OEE).

Sulla base di dati storici, è stato ipotizzato un aumento dell’OEE di circa il 20% nell’ABS.

La seguente tabella riporta i TPM consigliati nel processo di finitura.

Table 4  
Proposed TPM times at finishing mill

Process	Maintenance		Day
	Uptime (days)	Downtime (min)	
HSM	7	240	Monday
84" Pickle	7	240	Tuesday
64" Pickle	7	240	Wednesday
CRM	7	240	Thursday
TM	7	240	Friday

I tempi di manutenzione sono stati scelti sulla base di stime ottimistiche ma ragionevoli dopo conversazioni con il personale nell'officina.

### 3.5.3 Riduzione dei Tempi di Setup

Anche per questo fattore i due livelli messi in contrapposizione sono “*senza*” e “*con*”.

La prima delle due rappresenta la situazione attuale dell'ABS, mentre quella “*con*” indica il caso con una riduzione dei tempi di Setup. La riduzione di questi tempi è basata su stime ottimistiche ma ragionevoli. Questi dati derivano infatti da ampie discussioni con il personale dell'officina compresi ingegneri ed operatori.

Questi dati li ritroviamo interamente nella seguente tabella.

### Proposed setup reduction times at ABS

Process	Setup Times (min)			
	Work Rolls		Backup Rolls	
	Current	Proposed	Current	Proposed
Hot strip mill	120	20	35	10
Pickling	15	5	–	–
Cold reduction	120	20	15	5
Temper mill	90	20	7	5

### 3.6 Modello di Simulazione

Il modello di simulazione dettagliata è stato sviluppato utilizzando il software *Arena 5* della *System Modeling Corporation*.

Il lavoro è iniziato da una simulazione dello Stato Attuale, andando poi ad apportare alcune modifiche fino ad arrivare allo Stato Futuro. La convalida del modello richiede un confronto tra i risultati della simulazione a quelli dell'attuale sistema. Le misure che abbiamo incluso sono l'inventario al processo di finitura e il tempo totale nel sistema, dato che per entrambi sono disponibili dati reali di confronto.

La simulazione è stata effettuata sul periodo di un anno. La seguente tabella riporta i risultati reali e quelli della simulazione, in cui possiamo notare che i dati simulati rientrano tutti nel *range* dei dati realmente misurati.

Performance measures: actual vs. simulation

Performance measure	Actual range	Simulation
Entity lead-time	[30–49 days]	34 days
Hot strip mill inventory	[1000–5000]	3703 slabs
Cold mill inventory	[250–2000]	1755 coils
HBA inventory	[250–1750]	620 coils
CA inventory	[100–750]	121 coils
OCA inventory	[100–750]	636 coils
Temper mill inventory	[150–750]	653 coils
Number of coils per month	[9000–9800]	9466 coils

La simulazione non è unica e definitiva. Infatti le condizioni iniziali influenzano la dinamica del sistema. A partire da un sistema “vuoto” al tempo zero, un periodo transitorio è necessario per il caricamento del sistema che solo dopo questo periodo



raggiunge il suo livello stazionario. Questo periodo nel nostro caso è stato misurato ripetendo la simulazione cinque volte, con un periodo simulativo di un anno in tutti i casi. Le diverse simulazioni riportano talvolta diversi dati finali, ma che ci permettono in ogni caso di stimare il tempo di *warm-up*. Possiamo vederlo meglio nel seguente grafico, che riporta le scorte WIP<sup>30</sup> in funzione del tempo. Come possiamo osservare è stato stimato un periodo di *warm-up* di circa 60.000 minuti (42 giorni).

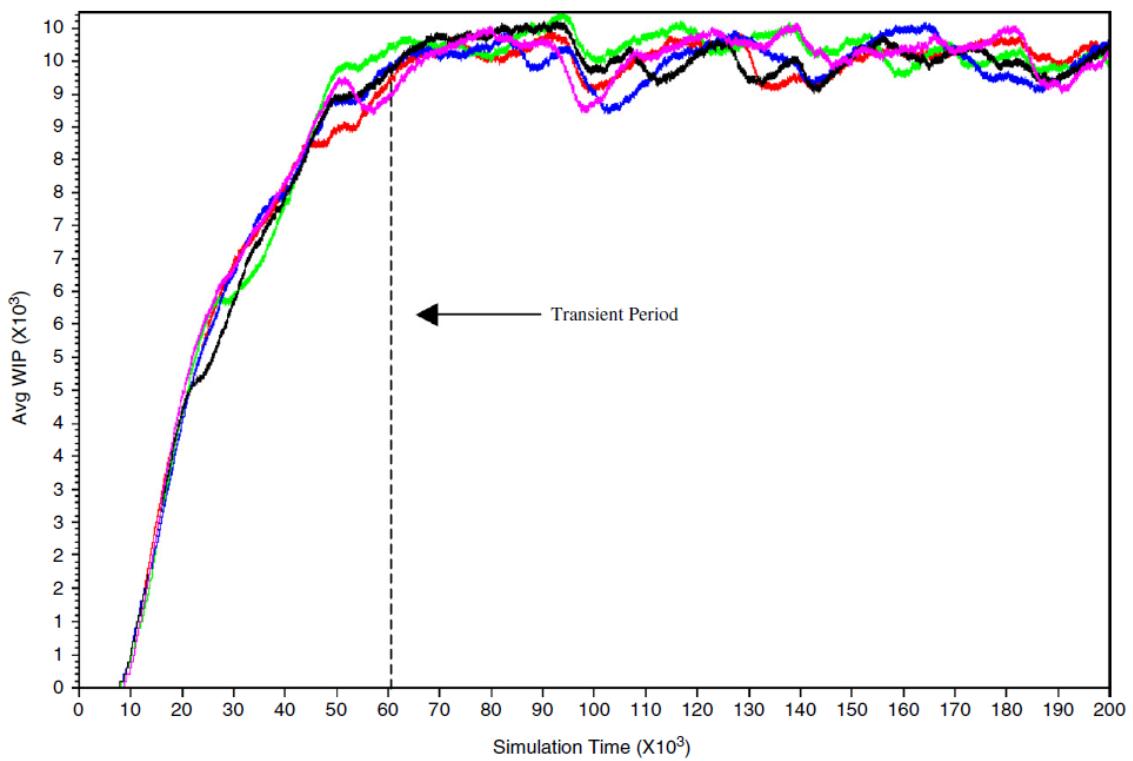


Fig. 2. Transient period analysis for the average WIP inventory for five replications.

---

<sup>30</sup> Work In Process

### 3.7 Risultati della Simulazione

Una volta che nella simulazione lo Stato Attuale è stato convalidato, esso è stato utilizzato per valutare lo Stato Futuro ed anche per visionare il possibile impatto delle tecniche *Lean*.

Sulla base di osservazioni iniziali della mappa attuale e di confronti ripetuti tra il personale dell'officina ed il Team di implementazione del progetto, si è deciso di esaminare principalmente due fattori: le scorte WIP ed il *lead time*. Per quanto riguarda il WIP, esso sarà calcolato come la sommatoria dei diversi *Work In Process* a partire dal Decapaggio fino al TM. Solo questa porzione del processo è considerata, infatti quella a monte del Decapaggio rimane invariata.

Sono state condotte due serie di esperimenti di progettazione fattoriale per studiare l'effetto dei tre fattori citati nei paragrafi precedenti sia sul *lead time* che sulle scorte WIP.

Ogni fattore aveva due livelli, e per ogni combinazione di fattori l'esperimento è stato ripetuto cinque volte. In questo modo sono state realizzate otto simulazioni, ognuna delle quali ripetuta cinque volte. È stata utilizzata la tecnica chiamata "*Analysis of Variance*" (ANOVA) per studiare formalmente i risultati e per capire più a fondo il significato e l'entità di tutti gli effetti riportati dalle diverse interazioni.

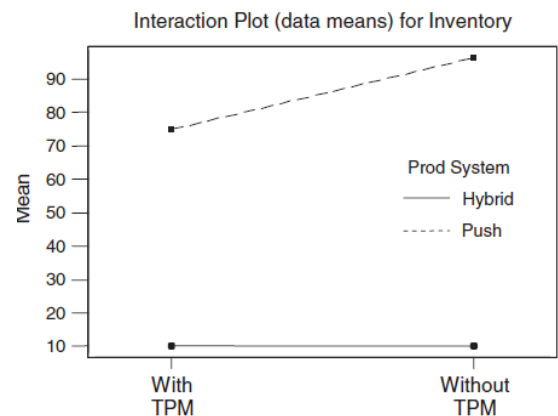
L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il software *Minitab*, ed i risultati sono riportati nella seguente tabella.

*p*-Values for effects

Term	<i>p</i> -value	
	<i>Lead-Time</i>	<i>Inventory</i>
Constant	0.000	0.000
Prod Sys	0.000	0.000
TPM	0.000	0.000
Setup Red	0.815	0.815
Prod Sys * TPM	0.000	0.000
Prod Sys * Setup Red	0.632	0.632
TPM * Setup Red	0.783	0.783
Prod Sys * TPM * Setup	0.815	0.815

I “*p*-Values” indicano che per il *lead time* sia il Sistema di Produzione che il TPM sono piuttosto influenti, mentre la riduzione dei Tempi di Setup e le varie interazioni miste a due o tre vie non lo sono. Anche per i materiali WIP gli effetti principali e più influenti sono il Sistema di Produzione ed il TPM. A differenza di prima, qui risulta esser significativa anche l’interazione a due vie proprio tra il Sistema di Produzione ed il TPM.

Per comprendere più a fondo questa interazione, è riportato un grafico che sta proprio a rappresentare questa interdipendenza tra il Sistema di Produzione ed il TPM, il cui significato è indicato dalla mancanza di parallelismo tra le due linee.



Come vediamo nel grafico, la linea continua rappresenta il sistema ibrido *Push - Pull*, mentre la linea tratteggiata sta a rappresentare unicamente il sistema *Push*. Il feedback che ci restituisce questa analisi ci fa capire che andando da una situazione *senza* TPM ad una *con* TPM, con un sistema di produzione ibrido, non cambierà il livello di scorte in WIP. Mentre, nel caso contrario in cui il sistema di produzione sia unicamente *Push*, si

denota una diminuzione delle scorte WIP. Una spiegazione intuitiva di questo fenomeno è che le scorte WIP nel sistema *Pull* dipendono dal numero di *kanban* che sono predeterminati prima della corsa. Questo rende la variazione dell'inventario WIP per il Sistema di Produzione Ibrido (la scorta WIP è la somma dell'utilizzo medio dei *kanban*) insignificante quando si utilizza TPM.

Nonostante il TPM sia comunque influente, nel *Pull System* la riduzione del WIP è così strumentale che l'incidenza del TPM diventa relativamente piccola.

Sulla base dei due misuratori di performance scelti per la simulazione notiamo che i miglioramenti e gli effetti positivi apportati al processo sono stati significativi.

I risultati indicano che utilizzando un Sistema di Produzione Ibrido e la TPM si potrebbe arrivare ad una notevole riduzione del *lead time* da 48 a 15 giorni, una riduzione di circa il 70%. La riduzione dei tempi di Setup non sembra invece avere un effetto importante sui tempi di consegna.

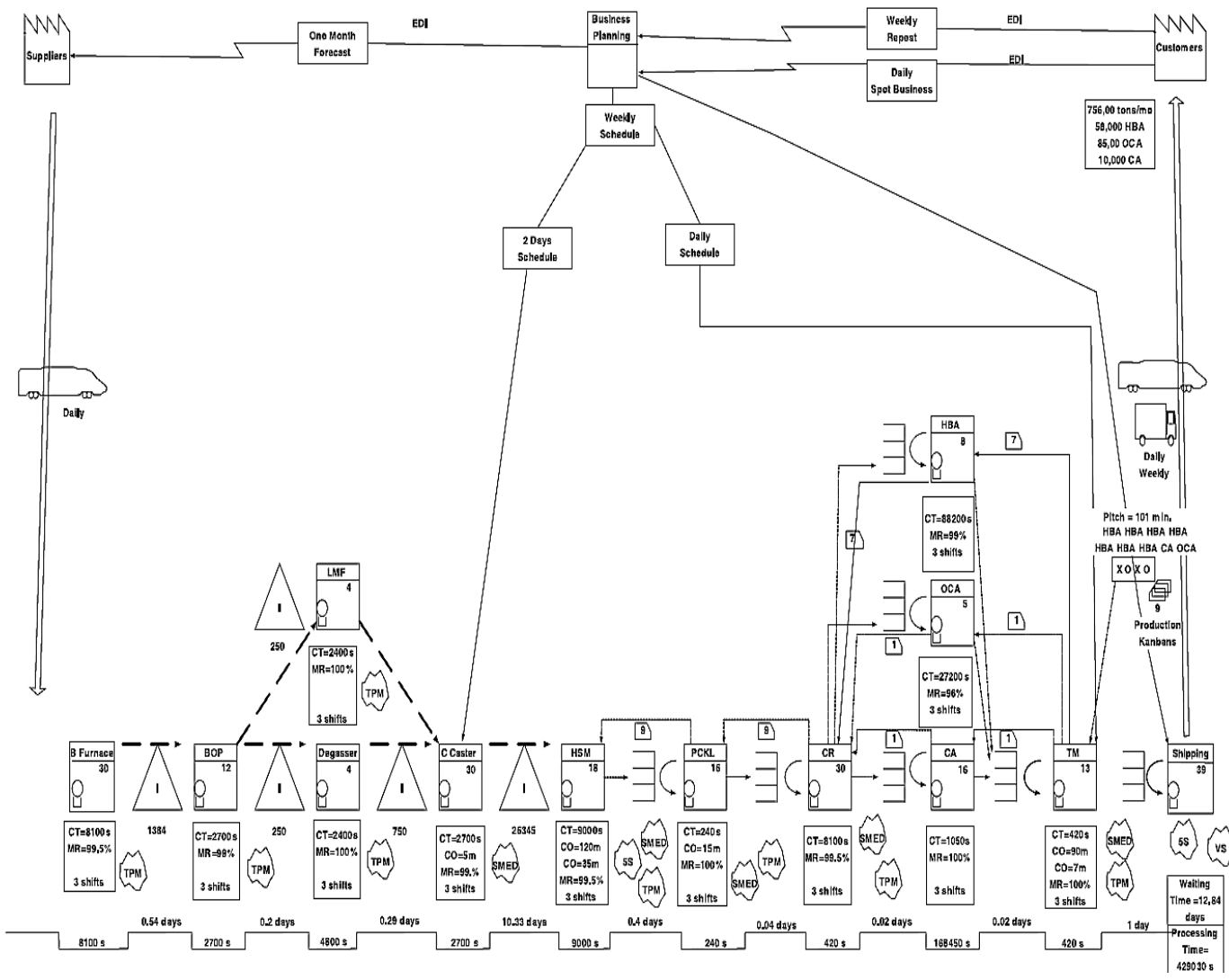
In termini di scorte e materiali WIP, l'esperimento ha rivelato che potrebbe ridurre il livello medio di scorta attuale tra tutte le stazioni a partire dal Decapaggio fino al TM, portando così da un valore attuale di 96 bobine a sole 10; una riduzione di circa il 90%.

### 3.8 Mappa dello Stato Futuro

Nella seguente mappa dello Stato Futuro sono riportati tutti i dati precedentemente ottenuti dalla simulazione, con i simboli del “*fulmine kaizen*” per indicare le aree di miglioramento. Sono anche indicati tutti i Supermarket tra ogni processo, dopo l’HSM.

Come vediamo l’ABS riceve quindi due programmazioni: una nel lato caldo, nella sezione a colata continua per dettare il ritmo del lato “caldo” che funziona in modalità *Push*, e l’altra nel TM, alla fine del lato “freddo” che fa procedere la produzione in modalità *Pull*.

Con i nuovi miglioramenti apportati all’ABS, il tempo a valore aggiunto (5 giorni) è passato da circa un decimo rispetto al *lead time* del vecchio sistema di produzione, a circa un terzo del nuovo *lead time*, che corrisponde a poco meno di 15 giorni (12,84 in attesa più circa 2 in elaborazione).





## CONCLUSIONE

Sono state descritti e approfonditi tutti i vari concetti fondamentali della *Lean Production*, per il miglioramento del processo produttivo e per ottimizzare il flusso delle informazioni e quello dei materiali.

Una regola fondamentale di cui si deve tener conto nell'applicazione di queste tecniche è quella per cui non si smette mai di migliorare. Questi processi necessitano di controlli periodici e ottimizzazioni in sequenza. L'andamento generale non resta mai costante, possono verificarsi due situazioni: la situazione continua a migliorare oppure regredisce verso le condizioni di partenza. Questa tesi spinge al pensiero chiave della *Lean*, vale a dire: “*si può sempre migliorare*”.

Purtroppo questi concetti non sempre sono compresi a pieno e presi in considerazione dagli impianti produttivi. La reazione tipica di fronte ad un cambiamento radicale è quella di incertezza e sconforto, e talvolta si preferisce proseguire sulla strada già intrapresa. Spesso questo è dato da una scarsa conoscenza di queste tecniche e di quelli che potrebbero essere gli enormi vantaggi apportati da una corretta implementazione di questi concetti.

Questo testo cerca di chiarire e approfondire questi argomenti, anche nella speranza di portare ad un cambiamento di pensiero e influenzare l'intrapresa della *Lean Production*.





# BIBLIOGRAFIA & SITOGRAFIA

## Bibliografia

- Natalie J. Sayer *et al.*, 2012, *Lean for Dummies*
- James P. Womak *et al.*, 1996, *Lean Thinking*
- Karen Martin *et al.*, 2013, *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*
- Mike Rother *et al.*, 1999, *Learning to See*
- Mike Rother *et al.*, 2002, *Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers & Production Associates*
- Fawaz A. Abdulmalek *et al.*, 2006, *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*  
(ScienceDirect)

## Sitografia

<https://www.lean.org/lexicon/first-in-first-out>

<https://www.lean.org/lexicon/operator-balance-chart>

[https://it.wikipedia.org/wiki/5S\\_\(metodologia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/5S_(metodologia))

<https://it.wikipedia.org/wiki/Kaizen>

