

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

---

**Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi  
Industriali**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea

## **LEAN MANAGEMENT NELLE AZIENDE DI PROCESSO**

Relatore

*Ch. Mo Prof. Roberto Panizzolo*

Laureanda

*Alessia Scattola*

Anno Accademico 2017-2018



# Ringraziamenti

Desidero ringraziare il mio relatore, Prof. Roberto Panizzolo, per la sua disponibilità e per avermi guidato durante la stesura di questa tesi di laurea.

Ringrazio profondamente la mia famiglia, per il loro sostegno e per aver sempre creduto in me, incoraggiandomi e motivandomi.

Ringrazio i miei amici, quelli che mi sono accanto dalle scuole superiori e quelli che ho conosciuto solo in questi ultimi anni: grazie per i bei momenti condivisi insieme e per il vostro supporto.



# Sommario

La seguente tesi ha lo scopo di affrontare il tema della gestione snella applicata all'industria di processo. Si è notato, infatti, che sebbene la filosofia lean si sia sviluppata nel settore automobilistico, nel corso degli anni è stato possibile estendere i suoi concetti a diversi ambiti con risultati molto positivi; tuttavia, questo cambiamento ha trovato diverse barriere nei processi di trasformazione, a causa delle caratteristiche tipiche di tale ambiente, ed è proprio su questo aspetto che si focalizza l'elaborato.

Pertanto, dopo aver definito il contesto da analizzare ed averlo messo a confronto con la tipica produzione manifatturiera per parti, è stato possibile studiare i diversi modi con cui coniugare le tecniche lean ai processi di trasformazione, superando le difficoltà che possono presentarsi.

Nel lavoro di tesi, oltre ad aver analizzato i diversi approcci che permettono di ridurre gli sprechi, è emerso anche un altro importante dettaglio, vale a dire che in questo settore il ruolo centrale non è più quello delle persone, che comunque mantengono una certa rilevanza, quanto piuttosto dei macchinari: nel massimizzare l'efficienza ed eliminare gli sprechi è importante che gli operatori vengano coinvolti, come insegna la filosofia lean, ma il loro contributo è comunque limitato, in quanto le attività di produzione sono eseguite fondamentalmente dalle macchine. Ne deriva che le attività di miglioramento dovrebbero essere mirate a risolvere in primo luogo le inefficienze dell'impianto, in modo da ottimizzarne le performance produttive; a questo scopo, è importante che gli operatori dello stabilimento abbiano una buona conoscenza del processo e dell'attrezzatura, così che possano dare il loro contributo in prima persona al miglioramento e alle attività di manutenzione.



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 La Gestione Snella</b>	<b>5</b>
1.1 – Storia e sviluppo della gestione snella	5
1.2 – Concetti di base della gestione snella	7
1.2.1 Cinque principi lean	7
1.2.2 I sette muda	10
1.2.3 Le tre “emme”	12
1.2.4 House of lean	12
1.3 – La gestione snella in diversi contesti	19
<b>2 L’azienda di processo</b>	<b>23</b>
2.1 – Azienda di processo	23
2.1.1 Definizione di azienda di processo	23
2.1.2 Caratteristiche dell’azienda di processo	25
2.2 – Limiti dell’applicazione lean	29
2.3 – I sette muda nell’azienda di processo	31
2.4 – Classificare l’industria di processo	34
2.4.1 Le caratteristiche del prodotto	34
2.4.2 Le caratteristiche del flusso del materiale	36
2.4.3 Le caratteristiche di continuità del processo	40
<b>3 Tecniche lean nelle aziende di processo</b>	<b>43</b>
3.1 – Value Stream Map	43
3.1.1 Introduzione alla VSM	43
3.1.2 Flusso del materiale	45
3.1.3 Flusso delle informazioni	48
3.1.4 Linea temporale	48
3.1.5 VSM nell’azienda di processo	49
3.2 – Total Productive Maintenance	50

3.2.1	Introduzione al TPM	50
3.2.2	Ruolo dell'OEE e dell'Uptime	53
3.2.3	Tecniche a supporto del TPM	55
3.2.4	TPM nell'azienda di processo	56
3.3	– SMED	58
3.3.1	Procedura SMED	58
3.3.2	SMED nell'azienda di processo	61
3.4	– Le 5S	63
3.4.1	Il metodo	63
3.4.2	Le 5S nell'azienda di processo	65
3.5	– Kaizen	66
3.5.1	Introduzione al kaizen	66
3.5.2	Kaizen giornaliero	67
3.5.3	Cantieri kaizen	68
3.5.4	Kaizen nell'azienda di processo	69
3.6	– SPC e Sei Sigma	70
3.6.1	Introduzione all'SPC e al Sei Sigma	71
3.6.2	SPC e Sei Sigma nell'azienda di processo	74
<b>4</b>	<b>Tecniche alternative</b>	<b>77</b>
<hr/>		
4.1	– Produzione a celle	77
4.1.1	Layout per reparti e layout a celle	77
4.1.2	Layout a celle nell'azienda di processo	79
4.1.3	Celle virtuali	81
4.2	– Sistema Pull	83
4.2.1	Sistemi di approvvigionamento	83
4.2.2	Interfaccia push-pull	86
4.2.3	CONWIP	87
4.3	– Heijunka	90
4.3.1	Livellamento della produzione	90
4.3.2	Heijunka nell'azienda di processo	93
4.3.3	Product Wheel	93
4.4	– Sequenza dei miglioramenti	96

<b>Conclusione</b>	<b>99</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>101</b>



# Introduzione

La seguente tesi nasce con l'obiettivo di indagare in che modo la gestione snella, sviluppatasi nel settore automobilistico per migliorare i processi produttivi di assemblaggio, possa essere invece adottata in un contesto completamente differente, caratterizzato da reazioni chimiche, miscele e lavorazioni meccaniche, che trasformano in modo irreversibile il materiale. Tramite una descrizione accurata dell'industria di processo e delle sue caratteristiche è possibile rilevare fin da subito i primi elementi distintivi che solitamente scoraggiano i manager e gli ingegneri ad intraprendere una trasformazione snella in azienda; sarà questo il punto d'inizio che darà il via alla successiva riflessione teorica riguardante nel dettaglio le metodologie e le diverse tecniche che possono contribuire a semplificare l'implementazione dei concetti lean.

L'argomento oggetto della tesi risulta particolarmente interessante da trattare perché consente di dimostrare come sia possibile estendere, ancora una volta, la gestione snella e i suoi principi di base ad altri ambiti; negli ultimi anni, infatti, questa rivoluzione ha preso piede anche in settori completamente differenti da quello produttivo, come ad esempio negli uffici per la gestione delle informazioni, nelle banche o a livello amministrativo. Inoltre, poiché la gestione snella viene definita come una filosofia che mira a minimizzare ed eliminare gli sprechi, risulta ovvio che i risultati che permette di raggiungere siano in linea con qualsiasi realtà aziendale che intenda massimizzare l'efficienza e il profitto. In letteratura sono molteplici gli autori che hanno scelto di affrontare questo argomento, facendo riferimento a specifiche aziende e riportando esempi pratici. Tra questi, un importante contributo è dato da Peter L. King, attuale presidente di un'azienda di consulenza per il miglioramento della produttività, la Lean Dynamics, e con competenze approfondite nella produzione snella e nel metodo Six Sigma; King ha pubblicato il suo primo libro, "Lean for the process industries" nel 2009, fornendo un'ampia panoramica sulla gestione snella e

sull'applicazione delle principali tecniche lean in aziende caratterizzate da processi di trasformazione. Questa lettura fornisce una chiara descrizione degli elementi chiave di questo contesto e delle principali difficoltà che si possono riscontrare, costituendo un valido punto di partenza per lo studio di questa tematica. Nel 2015 pubblica invece un altro libro, incentrato sulla progettazione della value stream map in un'azienda di processo, sottolineando le peculiarità di questo settore e le differenze rispetto ad una value stream map tradizionale.

Anche Raymond C. Floyd, che ha lavorato al servizio di aziende come Suncor, Exxon Mobil e General Motors, nel 2010 ha pubblicato "Liquid Lean: Developing Lean Culture in the Process Industries", libro in cui riporta le conoscenze acquisite durante la sua carriera e casi studio sui problemi affrontati; Floyd è stato uno dei primi ad introdurre la lean production in processi chimici, ricevendo anche il premio Shingo per i risultati che è riuscito ad ottenere in Exxon Mobil. Nel suo libro, Floyd sottolinea soprattutto l'importanza degli operai, che devono essere coinvolti per poter intervenire nella risoluzione dei problemi e riuscire così a ridurre gli sprechi e a realizzare un continuo miglioramento.

Infine, per approfondire le conoscenze sull'argomento si possono trovare molteplici articoli che trattano l'implementazione della gestione snella in diverse aziende, fornendo così vari punti di vista sulle problematiche che si possono incontrare e sulle soluzioni che è possibile adottare.

Prima di studiare l'implementazione della gestione snella nelle aziende di processo, tuttavia, si è ritenuto essenziale approfondire i concetti base della filosofia lean così come è nata in Toyota e il suo sviluppo nel corso degli anni. Sono quindi tornate utili letture come "Lo spirito Toyota", scritto nel 1978 da Taiichi Ohno, considerato il padre della lean production, e "Lean Thinking" di Womack e Jones; questi libri hanno avuto un ruolo importante nella diffusione della filosofia lean in Occidente, in quanto descrivono le tecniche, gli strumenti e i principi di questo nuovo metodo di gestione.

Nello studio di questa tematica si è scelto di iniziare da un'analisi generale della gestione snella, dei suoi principi e di tutte le principali tecniche normalmente utilizzate, per poi entrare nel dettaglio ed esaminarle in riferimento al particolare

contesto, che nella seguente tesi corrisponde a quello dell'industria di processo. In questo modo sarà possibile individuare quali difficoltà possono presentarsi e comprendere anche come affrontarle.

Di seguito si presenta una descrizione dei singoli capitoli che compongono la tesi e degli argomenti trattati in ciascuno di essi, allo scopo di illustrare la sequenza logica seguita.

Il primo capitolo inizierà presentando la storia della gestione snella, dalla sua nascita in Toyota al suo sviluppo in Occidente; a seguire, si descriveranno nel dettaglio i concetti base di questa metodologia, servendosi anche dei testi presenti in letteratura: pertanto, si metteranno in evidenza i cinque principi di Womack e Jones e i sette sprechi definiti da Taiichi Ohno, per poi introdurre la House of Lean, che riassume in un semplice schema le principali tecniche sviluppate in Toyota. Infine, con lo scopo di dimostrare le potenzialità che questa filosofia può offrire in ambiti differenti da quello produttivo, si accennerà anche allo sviluppo della gestione snella nei differenti contesti.

Il secondo capitolo si è scelto di incentrarlo sulle aziende di processo, così da fornire una definizione chiara di questo settore e delle sue caratteristiche. Inoltre, si andranno a discutere quelli che nella letteratura vengono presentati come punti sfavorevoli all'applicazione della gestione snella e si evidenzierà come i sette sprechi si possano manifestare; infine, si andrà a classificare l'azienda di processo in modo da individuare dei sottoinsiemi con caratteristiche simili, al fine di dimostrare che le difficoltà che si incontrano nell'applicazione della gestione snella variano in base alla specifica azienda e possono essere maggiori o minori.

Il terzo capitolo presenterà nel dettaglio le tecniche lean, con particolare riferimento alla loro applicazione nelle aziende di processo e alle difficoltà che si possono incontrare durante la loro implementazione. Si inizierà quindi presentando la metodologia della Value Stream Map, che consente di mappare il processo ed è, solitamente, uno dei primi strumenti adottati durante una qualsiasi trasformazione lean; a seguire si parlerà della metodologia del Total Productive Maintenance, che nelle aziende di processo può rivelarsi particolarmente utile in quanto consente di massimizzare l'efficienza

dell'impianto; in linea con questo, anche la tecnica SMED consente di migliorare le condizioni dell'impianto, andando però ad intervenire sui tempi di attrezzaggio piuttosto che sulle performance delle macchine. Nonostante i molteplici benefici che possono essere introdotti, si vedrà comunque che le aziende di processo hanno delle caratteristiche tali per cui l'implementazione di queste tecniche richiederà degli sforzi maggiori. Si parlerà poi delle 5S, di supporto alla manutenzione e utili a favorire il coinvolgimento del personale, e infine della metodologia kaizen e dei vari modi in cui è possibile implementarla, al fine di garantire un'efficace adozione della cultura lean in azienda.

Il quarto e ultimo capitolo si focalizzerà invece sulle tecniche lean che richiedono un approccio completamente differente a quello tradizionale per poter essere adottate dalle aziende di processo. Si descriveranno, quindi, la produzione a celle, i sistemi pull e il livellamento della produzione: questi tre strumenti, come si vedrà, possono sembrare incompatibili con le caratteristiche delle aziende di processo, ma attraverso le giuste considerazioni sarà possibile individuare dei differenti approcci di implementazione che permettono di sorvolare gli ostacoli che si presentano.

# Capitolo 1

## La gestione snella

L'obiettivo di questo capitolo è quello di fornire una panoramica sulla gestione snella e sulle sue applicazioni. Il capitolo inizierà con un breve riassunto sulla nascita del Toyota Production System e sulla sua espansione in Occidente. Si andranno quindi ad analizzare i concetti che stanno alla base di questa filosofia, richiamando i cinque principi espressi nel modello di Womack e Jones, e che costituiscono il punto di partenza per intraprendere una trasformazione lean. In seguito, si evidenzieranno i sette sprechi citati da Taiichi Ohno e verranno spiegate brevemente le principali tecniche sviluppate in Toyota. Infine, verrà evidenziato lo sviluppo della lean facendo riferimento ad altri contesti oltre a quello produttivo, con lo scopo di dimostrare le potenzialità che questa filosofia offre in diversi ambiti.

### 1.1 – Storia e sviluppo della gestione snella

La gestione snella nasce dall'applicazione della filosofia lean, nata in Toyota nel secondo dopoguerra in contrapposizione al modello di produzione di massa diffuso in America da Ford, che ha guidato i modelli produttivi in Occidente fino agli anni Sessanta.

Questa metodologia innovativa è inizialmente conosciuta con il nome di "Toyota Production System"; il termine "lean production" viene coniato solo nel 1988 da John Krafcik, ingegnere meccanico e dottorando al MIT, nell'articolo "Triumph of the Lean Production". Con il termine "lean" si vuole proprio esprimere il concetto chiave di questo sistema produttivo, che mira a "fare di più, con meno". Parlando della nascita della gestione snella non si può trascurare la storia della Toyota. L'azienda è stata fondata nel 1890 da Sakichi Toyoda, e inizialmente era dedicata alla produzione di telai tessili. Fin da subito sono state introdotte nel sistema di produzione delle innovazioni che avrebbero posto le basi per la lean, in particolare la realizzazione di un telaio in grado di fermarsi da solo quando si

rompe il filo, che si collega al concetto di autoattivazione, e il cambio in corsa della spoletta, che permette di tenere la macchina in funzione senza interrompere il processo, favorendo così un flusso continuo.

Nel 1933 viene aperta una divisione guidata da Kiichiro Toyoda, destinata alla produzione di automobili. È proprio quest'ultimo che, nel dopoguerra, pone come obiettivo quello di "raggiungere gli americani in soli tre anni" nella produzione automobilistica, per riuscire a competere con Ford; affinché questo sia possibile, l'unico modo è quello di eliminare tutto ciò che spreca risorse. È questa la svolta che dà origine al sistema produttivo di Toyota.

In questo scenario una figura importante è quella di Taiichi Ohno, un ingegnere meccanico che ha speso quarantacinque anni al servizio dell'azienda, diventando membro del consiglio esecutivo. Ohno è considerato da molti il padre del TPS, ed ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo del just in time: è infatti grazie alle sue osservazioni sui supermercati americani che nasce l'idea di implementare un sistema produttivo di tipo pull, in modo che la produzione sia "tirata" dalla domanda effettiva, e non più basata sulle previsioni.

Cercando di eliminare tutti gli sprechi presenti nel sistema, Ohno si è concentrato sulla parte di processo di cui era responsabile, espandendo poi le innovazioni introdotte anche nelle altre aree dell'azienda, pur incontrando molta resistenza da parte delle persone più restie ai cambiamenti. La trasformazione lean, pertanto, non è stata semplice e immediata, ma è avvenuta in un arco di tempo che va dal 1945 agli anni Settanta.

Quando la Toyota si fa strada in America e in Europa, inizialmente si pensa che il suo successo sia passeggero, e dovuto per lo più ad un fattore fortuna: in effetti, il fatto che proponessero macchine piccole e con bassi consumi, nel periodo della crisi petrolifera, è stato sicuramente favorevole. Tuttavia, la potenza giapponese non si è arrestata, e ha continuato a crescere fino a che nel 2008 ha superato General Motors, diventando leader mondiale del settore automobilistico.

Con l'avanzare degli anni è risultato chiaro a molti che questo successo fosse dovuto proprio al modello produttivo, più avanzato e innovativo di quello diffuso in Occidente. Per questa ragione diversi studiosi hanno iniziato ad analizzare il fenomeno Toyota, per capirne i punti di forza, i principi chiave e, soprattutto, se

fosse possibile adottarlo anche all'esterno del Giappone. Le informazioni raccolte da queste ricerche hanno avuto un ruolo fondamentale nell'evoluzione della lean in Occidente: sempre più aziende, infatti, hanno visto in questo sistema produttivo un buon metodo per riuscire a guadagnare un vantaggio competitivo rispetto ai rivali del settore.

## 1.2 – Concetti di base della gestione snella

Nel corso degli anni sono stati pubblicati diversi libri che hanno cercato di spiegare i concetti che stanno alla base della lean production. Studiosi americani come Womack e Jones hanno dato un contributo importante per la comprensione di questo sistema, ma anche lo stesso Taiichi Ohno e altri suoi collaboratori hanno reso pubblica la loro esperienza in Toyota, fornendo così un punto di vista interno all'azienda.

### 1.2.1 Cinque principi lean

Nell'intraprendere una trasformazione lean, un buon punto di partenza può essere fornito dal modello di Womack e Jones ("Lean Thinking", 1997), che definisce i cinque principi che stanno alla base della gestione snella. In Fig. 1.1 è illustrato il modello, rappresentato come un ciclo per richiamare uno dei concetti fondamentali di questa filosofia, ossia quello del miglioramento continuo.

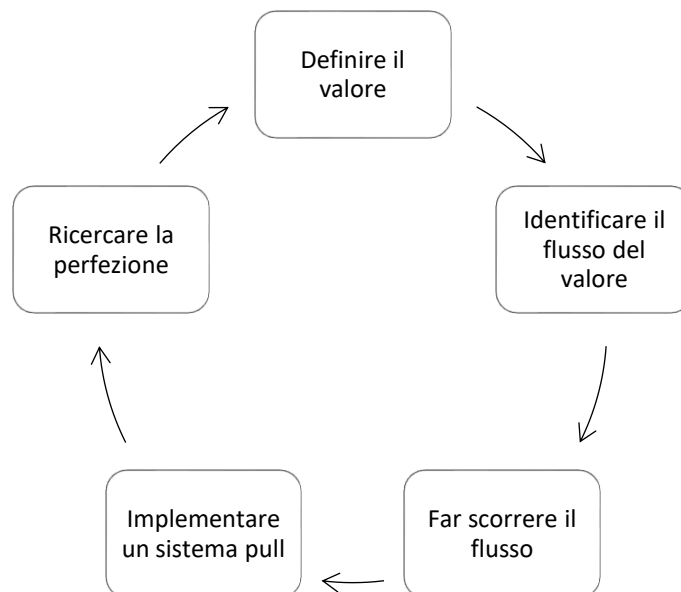


Fig. 1.1 Cinque principi lean di Womack e Jones

Il primo principio riguarda la definizione del valore, definito dal punto di vista del cliente come ciò per cui è disposto a pagare un dato prezzo e in un dato momento. Per i produttori, questo passaggio può essere piuttosto complesso: spesso, infatti, ciò che per un'azienda è efficiente, in realtà non porta alcun valore aggiunto per il cliente finale, che si trova costretto a pagare un prezzo più alto per qualcosa che non desidera. È necessario svolgere delle accurate analisi per rilevare i bisogni dei clienti e per riuscire a tradurli in delle specifiche interne all'azienda.

Womack e Jones spiegano questo concetto con un semplice esempio sul trasporto aereo: in questo caso, ciò che vuole il cliente è muoversi dal punto A al punto B in sicurezza e ad un costo ragionevole; il valore dal punto di vista della compagnia aerea, invece, implica un utilizzo efficiente dei veicoli, e questo rende impossibile avere dei voli diretti da A a B, ma obbliga a introdurre degli scali intermedi, che rendono il viaggio più lungo. Per risolvere l'inconveniente, quindi, si aggiungono dei servizi accessori, i quali però non rispondono alle vere esigenze dei clienti. Analogamente, in un reparto di produzione si può pensare che l'utilizzo di macchinari tecnologici e complessi sia il modo più efficiente di operare, quando in realtà quello che percepisce il cliente è solo un aumento del prezzo, dovuto ai costi di produzione maggiori: si dovrebbe invece cercare di semplificare il processo, garantendo la stessa qualità finale del bene o servizio, ma un prezzo più basso.

Una volta definito il valore, il passo successivo è identificare il flusso di valore. Per fare questo, si dovranno andare a valutare tutte le attività necessarie per condurre il prodotto o il servizio al cliente, e si individueranno tre tipologie di attività:

- Attività che creano valore;
- Attività che non creano valore e che possono essere eliminate;
- Attività che non creano valore ma che sono attualmente necessarie.

Lo scopo della lean è quello di eliminare tutte le attività che non creano valore e che sono considerate spreco. Un esempio può essere il tempo perso dagli operai che si devono spostare per recuperare gli strumenti necessari a svolgere il lavoro: questa attività non è di valore per il cliente, e come tale dovrà essere rimossa.

Tuttavia, ci possono essere casi in cui questo spreco non può essere eliminato subito a causa, ad esempio, dell'impossibilità di modificare il layout dell'impianto. Si dovranno quindi risolvere altri problemi, prima di agire su questo.

Una tecnica utile per identificare le attività creatrici di valore è quella della Value Stream Map, che permette di andare a mappare l'intero processo per riuscire ad identificare le inefficienze in ogni fase e capire dove sono localizzati i problemi. Il terzo principio, invece, richiede che le attività creatrici di valore fluiscano senza interruzioni. Perché questo sia possibile saranno necessarie delle modifiche nel processo, come ad esempio una riconfigurazione del layout, la correzione dei colli di bottiglia, un bilanciamento delle linee o un livellamento della produzione. Si deve passare dal tradizionale modello organizzativo per funzioni, dove le aree aziendali sono rigidamente separate e non comunicano tra loro, ad un modello per processi, che è caratterizzato da una collaborazione tra i diversi reparti, da una condivisione dei compiti e delle conoscenze e da una maggiore focalizzazione sul cliente (interno o esterno). Già Henry Ford era riuscito a comprendere i vantaggi derivanti dall'utilizzo di un flusso continuo, che aveva implementato per produrre la Ford Model T, la prima auto realizzata con una catena di montaggio e la cui produzione richiedeva solo 93 minuti. Il suo modello, tuttavia, funzionava solo con alti volumi produttivi e operazioni altamente standardizzate. Il merito della Toyota è stato quello di riuscire a creare flussi continui nella produzione di piccoli lotti.

Il quarto principio prevede l'implementazione di un sistema pull, per fare in modo che il flusso del valore sia "tirato" dal cliente. Questo si contrappone alla logica push usata tradizionalmente, dove la produzione è basata sulle previsioni della domanda: in questo caso, se le previsioni non sono corrette, si correrà il rischio di non riuscire a soddisfare tutti i clienti o, al contrario, di avere scorte di prodotto finito in eccesso. In ottica lean avviene l'opposto: l'attività a valle tira quella a monte. In questo modo il processo a monte inizia a produrre solo quando c'è un'effettiva domanda del processo a valle. Questo sistema può essere gestito dal kanban, uno strumento nato in Toyota e che si basa sull'utilizzo di cartellini che regolano la produzione e la movimentazione dei materiali.

Infine, l'ultimo principio esprime uno dei concetti più importanti della gestione snella, ossia quello della ricerca della perfezione attraverso il miglioramento continuo. L'idea è quella di riuscire a mantenere il vantaggio competitivo ottenuto dalle precedenti azioni, cercando di ridurre continuamente gli sprechi ed aumentare il valore.

In genere, nelle aziende, un'azione di miglioramento prevede un cambiamento drastico, che richiede elevati investimenti, ma da cui ci si aspetta dei risultati nell'immediato. In Toyota, il miglioramento è visto anche come un processo graduale, che coinvolge tutte le persone all'interno dell'azienda. Si parla di kaizen, che letteralmente significa "cambiare in meglio", per indicare proprio l'impegno di ogni persona ad apportare giornalmente dei piccoli miglioramenti. Secondo questo principio, i risultati ottenuti non sono mai un punto di arrivo, quanto piuttosto un punto di partenza per potersi migliorare ulteriormente.

È proprio questa idea che sta alla base del grande successo di Toyota: molte aziende occidentali che cercano di imitarla, infatti, falliscono proprio perché non riescono a comprendere appieno il concetto di perfezione, inteso come qualcosa di impossibile da raggiungere ma a cui è importante aspirare, per riuscire a migliorarsi continuamente.

### **1.2.2 I sette muda**

Come già accennato, la gestione snella nasce con l'obiettivo di eliminare gli sprechi, quelli che in giapponese vengono chiamati muda. Considerando la centralità del cliente all'interno dell'azienda, lo spreco viene inteso come tutto ciò che consuma risorse, senza portare valore aggiunto.

Taiichi Ohno ha identificato sette tipologie di sprechi, che si possono trovare in tutte le aziende:

- Sovrapproduzione: si verifica quando si produce o si acquista il materiale prima di quanto richiesto, o in quantità troppo elevata. Secondo Ohno questo è uno degli sprechi più pericolosi, perché tende a nascondere i problemi della produzione, e dà origine ad altri muda.
- Difetti: errori che portano alla produzione di materiali e prodotti fuori specifica, che devono essere rilavorati o scartati. Questo tipo di spreco può

causare un allungamento del tempo di produzione, un peggiore servizio al cliente e un aumento dei costi.

- **Scorte:** le scorte di materie prime, semilavorati e prodotti finiti sono tutte considerate uno spreco perché non producono guadagno e non sono di alcun valore per il cliente. Inoltre, la presenza di scorte va a coprire altri problemi, che altrimenti porterebbero all'interruzione del flusso. Questo rende anche più difficile migliorare il processo e capire quali sono le inefficienze.
- **Attesa:** fa riferimento a tutto il tempo perso dagli operatori che aspettano l'arrivo del materiale da lavorare, o che si liberi un macchinario.
- **Movimentazioni:** si intendono tutti gli spostamenti eseguiti dagli operatori all'interno dello stabilimento, per recuperare la parte da lavorare o per cercare uno strumento. Queste attività non aggiungono valore e, anzi, allungano inutilmente il tempo di lavorazione.
- **Trasporto:** questo tipo di spreco è simile al precedente, ma riferito al trasporto del prodotto, che rischia di essere danneggiato o di subire dei ritardi.
- **Processo:** sono considerate uno spreco tutte le inefficienze all'interno del processo, che possono causare problemi come l'interruzione del flusso o difetti nei materiali lavorati.

Spesso nella gestione snella si parla anche di un ottavo spreco, cioè lo spreco della creatività umana. Questo si ha quando la direzione non permette alla forza lavoro di partecipare alle attività di miglioramento e di apportare in modo autonomo dei piccoli cambiamenti nel processo. Nella lean production, dare la possibilità a tutte le persone di contribuire al bene dell'azienda può portare a risultati molto positivi, perché spesso le soluzioni migliori a determinati problemi possono essere date da chi esegue il lavoro, piuttosto che da chi lo pianifica. Lo sviluppo, il coinvolgimento e il rispetto per le persone sono tutti concetti chiave della cultura lean, essenziali per riuscire ad ottenere un ambiente di lavoro dove sia piacevole lavorare e dove ognuno possa dare il proprio contributo, sentendosi importante per il successo dell'azienda.

### 1.2.3 Le tre “emme”

Nella gestione snella oltre ai muda, che sono gli sprechi fisici e quindi quelli più visibili, esistono anche altre due tipologie di spreco, i muri e i mura, ed è importante non dimenticarli perché sono quelli che danno origine ai muda.

In Fig. 1.2 viene mostrato come si possono manifestare questi sprechi.

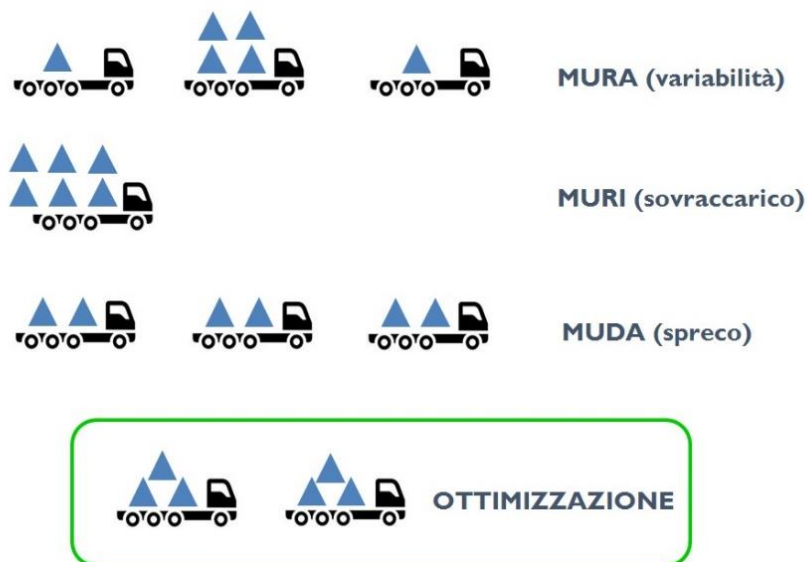


Fig. 1. 2 Le tre emme

Fonte: <http://blog.bprgroup.it>

Muri sta ad indicare il sovraccarico delle risorse. I problemi derivanti da questo tipo di spreco possono essere molteplici: sovraccaricare le persone di lavoro, ad esempio, può portare a incidenti, assenteismo sul posto di lavoro e insoddisfazione del personale; allo stesso modo, sovraccaricare un macchinario può portare ad un rapido deterioramento o alla rottura di qualche componente.

Mura, invece, fa riferimento alle irregolarità del carico di lavoro, che possono causare i muri quando si sovraccaricano le risorse, o i muda quando c'è un sottoutilizzo (ad esempio attese). Riuscire a rendere stabile e regolare il carico di lavoro, quindi, può portare molti benefici e la gestione snella mira a combattere questo spreco con il just in time e l'heijunka.

### 1.2.4 House of Lean

Tutti i concetti fondamentali del Toyota Production System sono raccolti nella “House of Lean”, illustrata in Fig. 1.3.

La figura può essere intesa come una metafora, utile a rappresentare tutte le caratteristiche della filosofia lean e le tecniche necessarie a conseguire gli obiettivi desiderati.

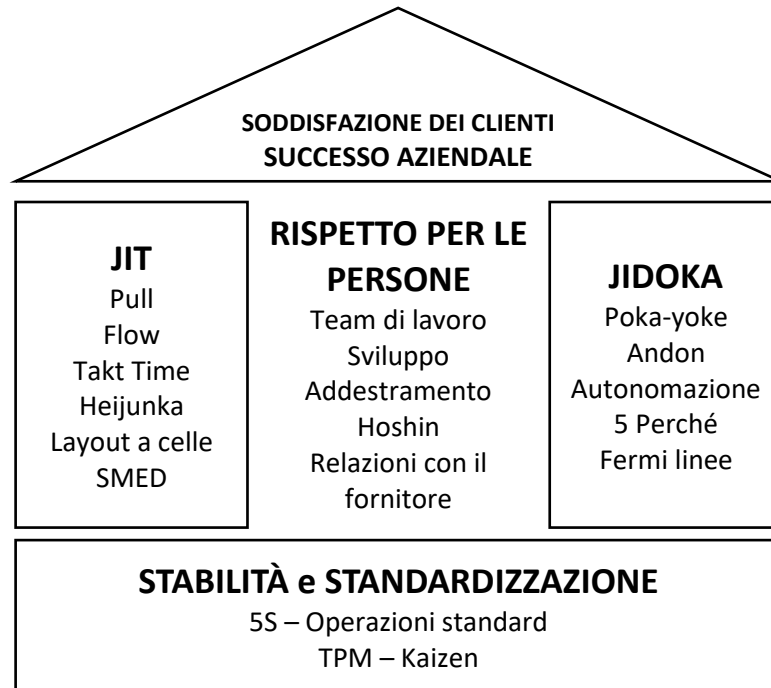


Fig. 1. 3 House of Lean

Fonte: "Lean Thinking per le aziende di processo", King P. L.

Affinché una casa sia solida e resistente sono importanti delle buone fondamenta, per tale motivo alla base di tutto ci sono la standardizzazione e la stabilità. Questi due elementi sono indispensabili per essere certi che il lavoro sia sempre svolto in modo corretto e per avere dei processi stabili, senza i quali non sarebbe possibile conseguire il miglioramento. Perché un'azienda riesca a costruire queste fondamenta dovrà innanzitutto definire delle operazioni standard, che siano eseguibili sempre nello stesso modo, così che siano ridotte le incertezze e vengano commessi meno errori. Gli standard definiti, comunque, possono essere modificati nel tempo, tramite delle attività di miglioramento kaizen che coinvolgano tutta l'azienda. Per implementare e supportare efficacemente questi concetti, altre due tecniche utili sono le 5S e il TPM.

Quella delle 5S è una metodologia per la gestione della pulizia e dell'ordine nel posto di lavoro. È articolata in cinque passaggi, che, se opportunamente

implementati, permettono di ottenere un continuo miglioramento delle prestazioni del processo. Le 5S sono così suddivise:

- Seiri (Separare): separare ciò che è necessario da ciò che è superfluo;
- Seiton (Sistemare): mettere ogni cosa al suo posto, in modo che ogni oggetto abbia una sua precisa posizione;
- Seiso (Splendere): pulire l'ambiente di lavoro, in modo da identificare tutte le inefficienze e i problemi che altrimenti sarebbero rimasti nascosti;
- Seiketsu (Standardizzare): definire delle metodologie standard per ripetere i tre passaggi precedenti in modo sistematico;
- Shitsuke (Sostenere): sostenere il miglioramento attraverso il monitoraggio degli standard, la comunicazione e la formazione.

Il Total Productive Maintenance (TPM), invece, è una metodologia che mira a migliorare l'efficienza degli impianti, riducendo le emergenze e la manutenzione non programmata. In questa prospettiva, la manutenzione non è più vista come un'attività a parte, separata dalla produzione, ma diventa un'attività di routine, che coinvolge tutte le persone che lavorano nell'impianto. In questo modo, riducendo i guasti e gli incidenti è possibile ottenere diversi benefici: aumentare la produzione, recuperare del tempo da dedicare alla risoluzione di altri problemi, migliorare la qualità e rendere più coinvolti e soddisfatti i dipendenti. Le pareti della casa sono costituite da quelli che Ohno definisce i pilastri del TPS: il Just in time (JIT) e l'autonomazione (Jidoka).

Il JIT è una strategia produttiva che è finalizzata a minimizzare il livello delle scorte avviando la produzione solo quando si manifesta la domanda; è così possibile fornire ciò che serve, esattamente quando serve e nella quantità richiesta, per riuscire a mantenere un flusso continuo e rispondere in modo flessibile al mercato. Questo concetto è nato in Toyota intorno agli anni Sessanta, in contrapposizione al classico metodo di produzione che prevede di andare a pianificare ogni fase produttiva indipendentemente dalle altre: con questo modello, infatti, non c'è sincronizzazione tra le varie fasi, e questo si traduce in un accumulo di scorte intermedie e in una riduzione della redditività dell'impresa. Ohno ha cercato di risolvere queste problematiche "pensando all'inverso": quindi, anziché considerare la produzione come un flusso che va da

monte a valle, ha invertito il punto di vista, concependo il processo come un'operazione di prelievo da valle a monte. In quest'ottica le diverse fasi devono essere legate tra loro e ciascuna deve far pervenire le informazioni relative alle proprie necessità a quella posta a monte.

Perché tutto questo sia realizzabile, però, è necessario apportare alcune modifiche al processo:

- Applicare la tecnica SMED (acronimo che sta per "Single Minute Exchange of Die") per ridurre al minimo i tempi di riattrezzaggio delle macchine. Si tratta di una metodologia sviluppata da Shigeo Shingo in Toyota, che si articola su diversi passaggi grazie ai quali è possibile riuscire a ridurre il tempo speso nel riattrezzaggio anche del 50%.
- Livellare la produzione (in Toyota si parla di Heijunka) e ridurre la dimensione dei lotti, con l'obiettivo di produrre ad un ritmo costante e rendere il processo più flessibile ai cambiamenti improvvisi della domanda.
- Adottare una produzione a celle per rendere il flusso più visibile, ridurre il lead time di attraversamento del pezzo e migliorare la qualità. Con cella si intende un'unità di lavoro dedicata alla produzione di una determinata famiglia di prodotti che hanno caratteristiche simili e che richiedono gli stessi macchinari per essere lavorati. Ogni cella è costituita dall'attrezzatura necessaria e da un certo numero di operatori, che hanno le competenze per poter svolgere diverse attività e che riescono a comunicare in modo rapido tra di loro, favorendo il team working.

Infine, un ultimo concetto importante che è stato sviluppato per riuscire a sincronizzare la produzione alla domanda, ed evitare così gli sprechi di sovrapproduzione e di scorte, è quello del takt time. Takt è una parola tedesca traducibile con "ritmo": questo parametro, infatti, misura la velocità produttiva alla quale devono essere realizzati i prodotti per riuscire a soddisfare la domanda del cliente. Dal calcolo del takt time possono derivare una serie di considerazioni utili per ottimizzare la produzione, come ad esempio il numero di operatori ideale in ogni cella e le fasi del processo che costituiscono un collo di bottiglia.

Il secondo pilastro del TPS è quello dell'autonomazione, che consiste nel formare gli operatori e dotare le macchine di opportuni sistemi di arresto, in modo che sia possibile bloccare la produzione non appena viene riscontrata un'anomalia. Quando si verifica un problema, dunque, la macchina deve fermarsi in automatico, e gli operatori devono correggere il difetto. Questo procedimento permette di migliorare la qualità, in quanto la produzione di parti difettose viene ridotta al minimo, così come anche i tempi necessari per le riparazioni diminuiscono. Per uno sviluppo efficace di questo concetto è importante formare gli operatori, che devono essere in grado di capire quando è in corso un malfunzionamento e come porvi rimedio.

A questo proposito tornano utili diverse tecniche che hanno come obiettivo primario quello di rendere visibili a chiunque gli errori, e facilitare la ricerca delle possibili soluzioni.

I sistemi poka-yoke, cioè a prova di errore, servono a fare in modo che sia impossibile commettere errori all'interno del processo, o ad evidenziarli in modo che siano corretti subito dall'operatore. Ad esempio, una spina elettrica può essere progettata con una forma tale da permettere l'inserimento solo in un determinato modo, per evitare un collegamento sbagliato; oppure può essere utile fissare dei pattern, cioè degli schemi ricorrenti, in modo che l'operatore possa capire immediatamente se tutto funziona come previsto o se ci sono delle anomalie; ancora, una check list con una serie di operazioni da eseguire può essere utile per impedire all'operatore di saltare qualche passaggio.

La metodologia Andon, invece, è utilizzata per segnalare i problemi: quando l'operatore rileva un errore ha la possibilità di premere un pulsante che può bloccare la produzione e in un tabellone visibile a tutti compare un messaggio che indica dove si è verificato il malfunzionamento, in modo che l'assistenza possa intervenire. Il lavoro viene sospeso fino a che non è risolto il guasto.

Oltre a correggere i problemi, comunque, è importante capire anche perché questi si sono verificati, in modo da impedire che si ripetano. A questo proposito, in Toyota è stata sviluppata una metodologia finalizzata ad individuare le cause radice di un problema ponendosi più volte la stessa domanda: "perché?". Il metodo è conosciuto con il nome "cinque perché", anche se in realtà il numero

cinque è indicativo e può variare. Lo scopo è quello di rilevare la vera causa di un problema e non fermarsi all'analisi delle conseguenze.

Il fatto che la produzione venga fermata ogni volta che un operatore rileva un errore può sembrare controproducente, perché porta ad una riduzione della produttività. Tuttavia, in ottica lean, queste interruzioni contribuiscono al miglioramento continuo dell'azienda, perché mettono in luce problemi che altrimenti verrebbero trascurati o non risolti in modo definitivo. Con il passare del tempo le interruzioni saranno sempre meno, mentre la qualità e la produttività saranno maggiori. Questo concetto è espresso in Toyota con il proverbio: "Ferma la produzione in modo che la produzione non si fermi mai".

Tornando alla metafora della casa, si osserva che al centro di tutto c'è il rispetto per le persone: sono queste, infatti, a determinare il successo della cultura lean in un'azienda. Si è già accennato al fatto che coinvolgere tutti gli impiegati e creare dei team di lavoro possa rivelarsi fondamentale per l'implementazione delle tecniche lean, ma bisogna fare attenzione a sfruttare in modo corretto questo potenziale.

Un team di lavoro, perché sia efficiente, necessita di una buona coordinazione, in modo che ogni componente sappia in ogni momento cosa fare, di una precisa suddivisione dei compiti e, naturalmente, la direzione dovrà fornire al team le risorse e gli strumenti adeguati a svolgere il lavoro. È importante anche fare attenzione ai problemi interpersonali che possono esserci tra i componenti del team, che vanno ad influenzare negativamente le performance. Un team con queste caratteristiche può portare a notevoli vantaggi nello svolgimento del lavoro: innanzitutto, il tempo richiesto a svolgere un'attività è molto minore, e il fatto che il lavoro sia distribuito equamente garantisce il rispetto delle scadenze imposte; c'è anche una maggiore collaborazione tra le persone, che possono aiutarsi a vicenda nella risoluzione dei problemi e migliorare in questo modo il processo, e, inoltre, vengono favorite la comunicazione e la condivisione delle conoscenze, per contribuire allo sviluppo delle competenze.

Prima di concentrarsi sul team, tuttavia, è importante coinvolgere e sviluppare le singole persone, in modo che ognuno possa fornire in modo autonomo il proprio contributo al miglioramento del processo. La direzione dovrà definire un

quadro d'azione, per stabilire gli obiettivi che si vogliono raggiungere con queste attività di miglioramento e i limiti entro cui l'operatore ha la facoltà di apportare modifiche in modo autonomo. Ohno descrive questo concetto paragonandolo al sistema nervoso autonomo del corpo umano: così come il cuore accelera il battito quando viene svolto esercizio fisico, senza aspettare un ordine dal cervello, allo stesso modo all'interno dell'organizzazione si dovrebbe avere la possibilità di elaborare giudizi in modo autonomo già nei livelli più bassi, senza consultare i vertici, che nell'analogia sarebbero il cervello. Questi cambiamenti possono riguardare, ad esempio, l'interruzione della produzione, la sequenza di lavorazione dei pezzi, o la necessità di lavoro straordinario.

Infine, un altro fattore critico è la relazione con i fornitori. Per una corretta implementazione della gestione snella, infatti, sono richieste consegne di piccole quantità di materiale in tempi rapidi, ma nella realtà i fornitori eseguono consegne in quantità e tempi fissi, e spesso in ritardo. In questa situazione per l'azienda non è possibile tenere basso il livello di scorte e alta la flessibilità produttiva. Bisogna quindi concentrarsi sul migliorare la relazione con i fornitori chiave, cercando di integrarli nel sistema e migliorando la comunicazione, estendendo il pensiero lean a monte della supply chain.

La strategia di pianificazione che guida lo sviluppo delle persone e che mira a tradurre gli obiettivi aziendali, per renderli noti a tutti i livelli dell'organizzazione, è conosciuta con il nome "Hoshin Kanri"(che letteralmente significa "controllo ragionato della direzione"). Lo scopo di questa strategia è quello di allineare tutte le persone verso un obiettivo comune, in modo che tutti siano responsabili del miglioramento dell'azienda e siano più motivati a contribuire.

Le aziende che usano l'hoshin kanri seguono il ciclo PDCA per pianificare dei progetti di miglioramento di medio termine. Il ciclo si articola su quattro fasi:

- Plan: pianificare la strategia di medio termine e pianificare i singoli progetti;
- Do: Condurre i singoli progetti;
- Check: controllare i risultati ottenuti;
- Act: Standardizzare o ripetere il ciclo per migliorarsi.

Una volta definiti gli standard, questi dovranno poi essere supportati attraverso un ciclo SDCA (Standardize, Do, Check, Act) che guida progetti di miglioramento giornaliero. Il processo che si ottiene è illustrato in Fig. 1.4.

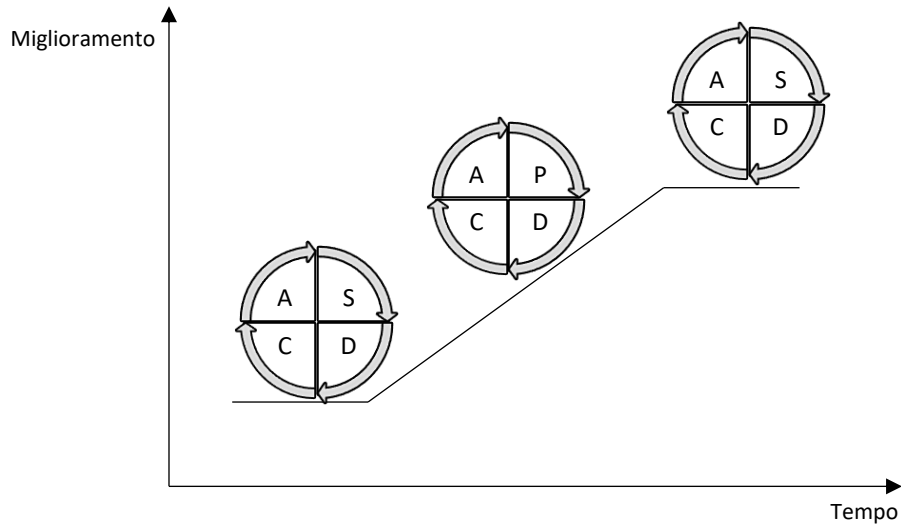


Fig. 1.4 Ciclo PDCA e SDCA

Grazie all'hoshin kanri questi progetti saranno sempre allineati agli obiettivi globali dell'azienda, e tutte le persone collaboreranno per contribuire al successo aziendale.

Tutte queste tecniche prima di poter essere applicate richiedono un'attenta analisi della situazione aziendale e una comprensione non solo delle metodologie, ma soprattutto dei concetti che stanno alla base della cultura lean. È importante ricordare, inoltre, che tutti i cambiamenti apportati, e che mirano a migliorare l'efficienza dell'azienda, devono sempre portare dei benefici al cliente (sia interno che esterno): è dalla soddisfazione del cliente, infatti, che dipende il successo aziendale ed è proprio questo l'obiettivo primario della gestione snella.

### 1.3 – La gestione snella in diversi contesti

La gestione snella è nata in un contesto specifico, caratterizzato da alti volumi produttivi ed alta standardizzazione. Seppur inizialmente in Occidente in molti diffidassero di questo nuovo modello produttivo, nel corso degli anni la cultura lean si è fatta strada in diverse aziende, dimostrandone la sua applicazione anche all'esterno del Giappone e in contesti differenti da quello automobilistico. Per molto tempo, tuttavia, l'utilizzo di queste tecniche è stato limitato all'ambito produttivo, dove si ha un'immediata visibilità degli sprechi, del flusso e delle

problematiche. Solo ultimamente la diffusione della cultura lean e i benefici che si sono riscontrati con la sua applicazione, hanno spinto anche altri settori ad adottare questa filosofia, cercando di adattare i concetti di base a diverse situazioni.

La “lean office”, ad esempio, riguarda la gestione snella applicata agli uffici con lo scopo di eliminare gli sprechi e rendere più efficiente il processo. In questo caso però, i benefici derivanti da tecniche come il TPM, lo SMED o il kanban risultano limitati, perché quello che si sposta all'interno del processo non è più un materiale fisico ma un'informazione, che può muoversi sotto forma di documento cartaceo o, come avviene più spesso, tramite un'e-mail. Il flusso, quindi, non è più immediatamente visibile, così come risulta più complesso definire chi sia il cliente e individuare gli sprechi. La metodologia da cui partire per semplificare queste difficoltà è quella della value stream map, che permette di ottenere una visione globale del processo e capire cosa avviene all'interno degli uffici. I muda non deriveranno più da un accumulo di scorte o da difettosità dei pezzi, ma dalla presenza di dati sbagliati o mancanti, da informazioni inserite più volte nel sistema e che creano confusione, oppure da documenti che necessitano continuamente di correzioni o aggiornamenti. Sviluppare una maggiore collaborazione tra il personale degli uffici o ridisporre il layout in modo più razionale può portare notevoli benefici, così come l'utilizzo delle 5S o di segnali visivi può semplificare il flusso, riducendo il lead time e permettendo alle informazioni di scorrere più rapidamente.

Si sta diffondendo la gestione snella anche nei processi amministrativi, e questo è particolarmente utile per le aziende che applicano la lean in produzione. I sistemi di misurazione delle performance tradizionali, infatti, si rivelano poco adatti a misurare i benefici derivanti dall'applicazione delle tecniche snelle, e questo potrebbe scoraggiare le persone e creare un clima ostile in azienda; inoltre, non tutti sono in grado di interpretare i dati ottenuti con i report tradizionali, e quindi i progressi raggiunti non possono essere resi visibili a tutti. Andare a realizzare un conto economico di flusso a partire dalla value stream, invece, permette di ottenere un sistema contabile più semplice e immediato, facilmente comprensibile e sempre aggiornato.

Infine, un ultimo esempio che dimostra l'adattabilità della lean ai diversi contesti è quello della gestione snella in sanità. In diversi ospedali, infatti, le pratiche lean si stanno rivelando utili per ridurre i costi della sanità, e migliorare la qualità del servizio offerto al paziente. Considerando la cura del paziente come un processo, sarà possibile mapparla per individuare dove sono localizzati gli sprechi, che in questo contesto possono portare a inefficienze, come i lunghi tempi di attesa per ricevere i risultati degli esami, o cure sbagliate eseguite sul paziente. I benefici che si possono ottenere in questi casi con l'adozione dei principi lean sono particolarmente rilevanti perché una riduzione delle inefficienze si traduce non solo in una riduzione dei costi, ma soprattutto in una riduzione di danni al paziente.

Per concludere, è sbagliato e limitante associare la lean alla sola produzione, come è stato fatto per molti anni. Le possibilità che offre questa metodologia sono in continuo sviluppo e sono sempre più in aumento i settori che cercano di trarre benefici e vantaggi grazie all'implementazione di strumenti e tecniche lean, nonostante gli sforzi non indifferenti che possono essere richiesti.



# Capitolo 2

## L'azienda di processo

In questo secondo capitolo l'obiettivo è quello di introdurre le aziende di processo, definendone le caratteristiche principali e le maggiori differenze rispetto all'azienda di assemblaggio.

Si andranno quindi ad evidenziare e contestare quelli che sono considerati i punti sfavorevoli all'applicazione della gestione snella nei processi di trasformazione, illustrando anche come i sette sprechi possano manifestarsi in questo contesto, richiedendo l'impiego di particolari strumenti.

Infine, si suddividerà l'industria di processo in dei sottosistemi con caratteristiche simili, allo scopo di dimostrare che le difficoltà di implementazione della lean dipendono dalla specifica azienda, e non sono definibili in modo assoluto a priori.

### **2.1 – Azienda di processo**

Il primo passo, quando si parla di azienda di processo, è quello di comprendere cosa si intenda effettivamente con questa espressione e, soprattutto, evidenziare le proprietà chiave di questo nuovo contesto, sottolineandone le differenze rispetto alle aziende per parti. Solo in questo modo, infatti, sarà possibile comprendere le problematiche che devono essere risolte per poter introdurre la gestione snella.

#### **2.1.1 Definizione di azienda di processo**

L'azienda di processo, o di trasformazione, è quella caratterizzata da processi che coinvolgono reazioni chimiche, miscele dei componenti o processi meccanici come estrusione, laminatura, taglio.

Le materie prime, nel corso di questi processi, subiscono delle trasformazioni irreversibili, che vanno a modificarne la struttura fisica e chimica; queste trasformazioni, inoltre, non avvengono in modo istantaneo, ma possono

richiedere diverso tempo, e, alterare o bloccare in qualche modo le condizioni della reazione, comporta un alteramento del risultato finale; infine, la trasformazione delle materie prime di solito avviene in modo indiretto, perché il materiale può cambiare da solo una volta stabilite le condizioni di reazione, senza alcun intervento da parte dell'operatore. Ad esempio, un blocco di acciaio sottoposto ad opportune temperature subirà una modifica della struttura cristallina assumendo particolari caratteristiche, ma perché questo avvenga possono essere necessari tempi piuttosto lunghi; oppure, nella raffinazione del petrolio, il petrolio greggio si separa dai suoi componenti (detti "tagli") all'interno di una torre di frazionamento, sfruttando le diverse temperature che si sviluppano al suo interno: l'operatore non ha modo di vedere la materia prima e a volte nemmeno i prodotti finiti, ma il materiale cambia da solo, una volta stabilite le condizioni iniziali.

Nello specifico, con industria di processo si fa riferimento a industrie come quella siderurgica, alimentare, farmaceutica, cosmetica; a quelle, cioè, costituite per lo più da processi continui. Non è del tutto corretto, però, pensare che le industrie di trasformazione siano caratterizzate da soli processi continui, in quanto le materie prime che entrano nell'impianto ad un certo punto diventano unità separate e, quindi, anche i processi diventano discreti, perché vengono eseguiti su singole unità di prodotto. Quindi, impianti di raccolta e distribuzione dei gas e dei liquidi possono essere catalogati come processi puramente continui, mentre in un'acciaieria il prodotto entra in un'unica colata, ma esce in unità separate e una parte delle operazioni avviene con trasformazioni continue, un'altra parte con lavorazioni discrete.

I prodotti finali che si ottengono possono essere venduti in polvere, in forma solida o liquida: alcuni esempi sono pellet, tubi o laminati, bevande, cibo o vernici.

In produzione, possono esserci diverse tipologie di processi, in base all'attività svolta e agli input/output di processo; in "Synchronous Manufacturing" Umble e Srikanth ne individuano quattro categorie:

- Produttori di base, che utilizzano come input le risorse naturali e le raffinano o le separano per ottenere prodotti usati come input in altre produzioni; in

questa tipologia rientra, ad esempio, la produzione di combustibile sintetico, ottenibile dal carbone o dal gas naturale;

- Convertitori, che trasformano le materie prime in beni di consumo, come avviene nella produzione del pellet;
- Fabbricanti, che producono beni di consumo per gli assemblatori;
- Assemblatori, che combinano insieme i componenti per produrre i beni finiti; è questo il caso, ad esempio, della produzione di automobili o elettrodomestici.

Le prime due tipologie sono operazioni di processo, mentre gli assemblatori eseguono operazioni di assemblaggio; i fabbricanti, invece, possono rientrare in entrambe le categorie, in base al tipo di operazione svolta.

Questa suddivisione pone le prime basi per segnare il confine tra processi di trasformazione e processi di assemblaggio: capire le differenze principali tra le due industrie, infatti, è il primo passo per comprendere anche come gli strumenti lean possano essere adattati ad un nuovo contesto.

### **2.1.2 Caratteristiche dell'azienda di processo**

Per descrivere in modo più accurato l'azienda di processo è utile evidenziarne i tratti caratteristici, e le differenze più rilevanti rispetto all'industria manifatturiera discreta. In questo modo si inizieranno anche ad introdurre quelli che sono considerati i punti sfavorevoli all'applicazione delle tecniche lean.

Le principali distinzioni tra i due tipi di industrie sono le seguenti:

- Capital intensive e labor intensive: le operazioni di processo sono capital intensive, nel senso che fanno largo uso di impianti altamente automatizzati e richiedono poca forza lavoro per la produzione del bene. Al contrario, le operazioni di assemblaggio sono labor intensive, perché richiedono un maggiore impiego della forza lavoro.

L'importanza degli impianti nell'azienda di trasformazione determina un altro fattore distintivo, cioè il fatto che la maggior parte delle volte la capacità produttiva risulta limitata dalla capacità dei macchinari, anziché dalle persone che lavorano nello stabilimento. Da questo ne consegue che, se ad esempio in uno stabilimento siderurgico, dove i macchinari possono essere in funzione 24 ore su 24 per 7 giorni su 7, è richiesto di aumentare

il volume produttivo, non si possono aggiungere turni, così come non porta alcun beneficio aumentare il personale; bisogna invece concentrarsi sul macchinario, per migliorarne l'efficienza e la capacità produttiva.

- **Macchinari:** mentre nell'assemblaggio si utilizzano strumenti come torni o trapani, che non sono troppo ingombranti ed è possibile spostare da una parte all'altra dello stabilimento senza sforzi, nelle operazioni di processo possono essere necessari macchinari più grandi, lunghi diversi metri, molto pesanti e, spesso, collegati a tubature e linee idrauliche. A causa di questa attrezzatura risulta impossibile riconfigurare il layout per adottare una produzione a celle, e molti ritengono che sia proprio questo uno dei principali ostacoli all'implementazione del just in time.
- **Arresto del processo:** fermare i macchinari durante i processi di assemblaggio è semplice e veloce, cosa che non è sempre vera per i processi di trasformazione: infatti, mentre l'arresto di un trapano che sta realizzando un foro in un componente o che sta avvitando due assi, non danneggia il materiale lavorato, fermare un processo di stampaggio a iniezione porta al raffreddamento del polimero, che solidifica dentro il canale e quindi, prima di riavviare il processo si dovrà aprire la pressa e pulirla; oltre alla perdita di tempo, in questo caso, si avrà un rilevante scarto di materiale. Per tale motivo nelle aziende di processo si possono avere linee che restano in funzione per mesi, senza mai essere interrotte. Questo ovviamente porta alla sovrapproduzione e a scorte di prodotto finito, proprio a causa del fatto che avviare la produzione in base alla domanda risulta complesso e comporta costi elevati.
- **Cambio prodotto:** la complessità dei macchinari si traduce in una maggiore complessità del riattrezzaggio e del cambio prodotto. Nell'assemblaggio, il cambio prodotto può richiedere una regolazione degli utensili, comportando una perdita di tempo; nell'industria di trasformazione, invece, quando si esegue un cambio prodotto, oltre a dovere regolare l'attrezzatura e a dover attendere che vengano raggiunte le condizioni iniziali per avviare il processo, si devono pulire le linee per rimuovere i residui di materiale rimasti intrappolati e che andrebbero a contaminare il prodotto successivo:

questo comporta un ulteriore spreco, cioè quello di materiale. Ad esempio, se si prende in considerazione un'azienda alimentare che produce diverse tipologie di snack, nel cambio prodotto si deve eseguire un accurato processo di decontaminazione, per pulire l'impianto da componenti allergeni. Invece, quando si avviano delle reazioni chimiche, in genere i materiali devono raggiungere valori iniziali di temperatura e pressione specifici, e questo può richiedere diverso tempo. Per tali motivi, spesso le aziende preferiscono condurre una lunga campagna<sup>1</sup> con lo stesso materiale prima di passare alla successiva.

- **WIP nascosto:** l'acronimo WIP sta per Work in Process, e viene utilizzato per indicare il numero di pezzi, o lotti, in uscita da una fase del processo di lavorazione, e in attesa di essere trattati da quella successiva. Questo materiale è un costo per l'azienda ed occupa spazio, quindi si dovrà cercare di ridurlo al minimo. Mentre, però, negli impianti di assemblaggio i WIP sono ben visibili, posizionati sul pavimento, sugli scaffali o in delle ceste lungo il processo, nelle industrie di trasformazione queste scorte risultano nascoste, o collocate in cisterne e scaffali lontani dall'impianto di produzione: questo rende più complessa la rilevazione delle scorte in fase di mappatura del processo, e comporta anche un maggiore trasporto del materiale.
- **Schema di flusso:** il fattore distintivo più importante, comunque, riguarda il modello di flusso del materiale. Nelle aziende di assemblaggio il materiale fluisce seguendo uno schema convergente come quello illustrato in Fig. 2.1, chiamato anche di tipo A per la sua forma.  
All'inizio del processo possono esserci centinaia di pezzi tra viti, bulloni, dadi, lastre e altri componenti; questi, a mano a mano che si avanza, vengono assemblati insieme in sottosistemi, che a loro volta vengono uniti fino ad ottenere il prodotto finito. Il numero di pezzi, quindi, diminuisce drasticamente avanzando nel processo. Ad esempio, nella linea di assemblaggio di un computer si partirà con l'aver molteplici componenti:

---

<sup>1</sup> Con il termine “campagna” si intende il numero di lotti di una sola varietà che vengono prodotti prima della transizione a un'altra varietà

l'hard disk, il case, il processore, la scheda madre, il mouse, la tastiera, il monitor e così via. Tutti questi pezzi, avanzando nel processo vengono uniti fino a che non si arriva ad un unico componente, ossia il prodotto finale.

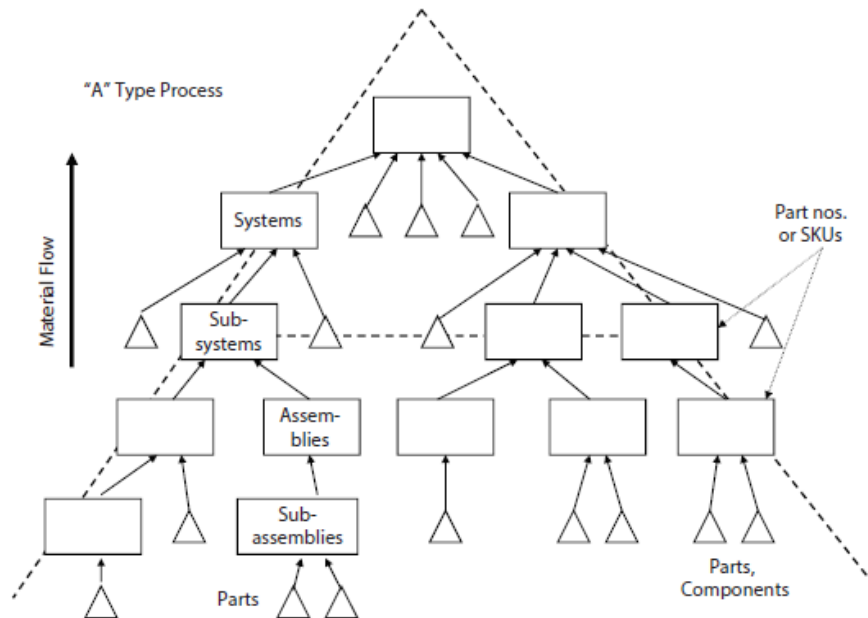


Fig. 2. 1 Schema di flusso convergente  
 Fonte: "Value stream mapping for the process industries", King P.L., King J. S.

Nelle operazioni di processo avviene il contrario, perché il flusso del materiale diverge, come illustrato in Fig. 2.2; in questo caso il flusso è di tipo V.

Il processo inizia con poche materie prime, che possono essere fatte reagire chimicamente, o subire operazioni come estrusione, miscelazione, taglio, stampaggio; quello che si ottiene alla fine è un'ampia varietà di prodotti finiti. Per esempio, nella produzione di laminati plastici, si possono avere più macchine laminatrici che creano diversi tipi di laminati; questi subiranno altre lavorazioni, come la calandratura e il taglio e quello che si otterrà alla fine sono strisce di diverse misure, che verranno avvolte intorno a cilindri di cartone per formare bobine rifilate, le quali subiranno ulteriori operazioni di taglio per poter essere, infine, imballate in scatole di diversi formati. Anche nella produzione di bibite si parte da un numero limitato di ingredienti che durante il processo possono essere combinati in modi

differenti, per ottenere infine diverse varietà di prodotti finiti: con o senza zuccheri, con o senza caffeina, con particolari aromi e venduti in diversi formati.

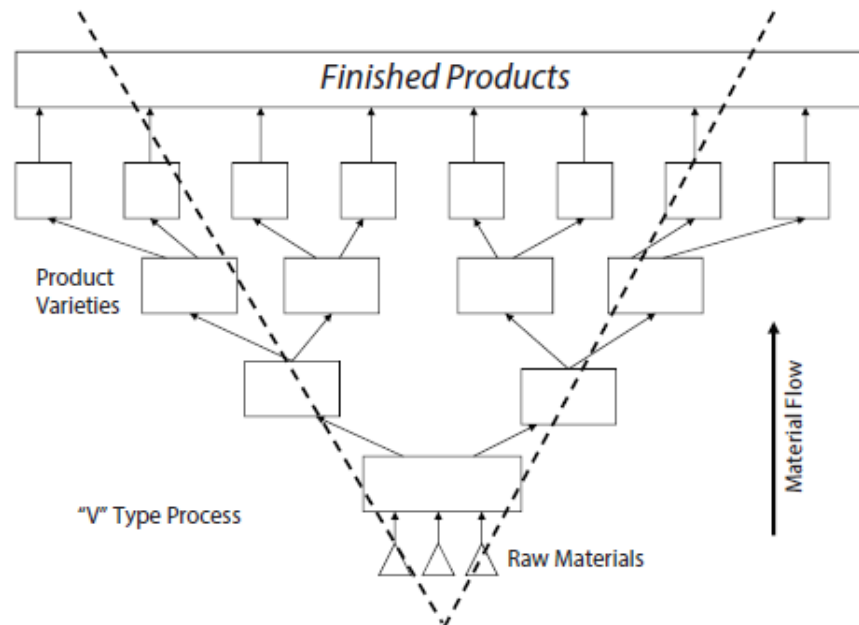


Fig. 2. 2 Schema di flusso divergente  
Fonte: "Value stream mapping for the process industries", King P. L., King J. S.

La presenza di così tanti punti di differenziazione, in cui il prodotto può essere trasformato in diverse varietà, è uno degli aspetti più critici: le previsioni è importante che siano accurate e precise, per evitare di avere scorte di prodotto non richiesto e di sprecare capacità produttiva.

## 2.2 – Limiti dell'applicazione lean

In qualsiasi tipo di azienda, quando si cerca di introdurre la filosofia lean, si incontrano sempre delle resistenze, che possono provenire dai livelli più bassi o anche da quelli più alti: si è visto, infatti, che la gestione snella non riguarda semplicemente l'adozione delle tecniche sviluppate da Toyota, ma implica un cambiamento culturale e la conversione a un diverso modo di pensare. In Occidente, in molti contesti, sono ancora ben radicate le idee di base del modello produttivo di massa secondo cui, condurre lunghe campagne, realizzare grandi lotti e non interrompere mai la produzione, sono tutti fattori che rendono un'azienda più efficiente. Iniziare una trasformazione lean, quindi, comporta

l'introduzione di concetti completamente opposti, e non tutto il personale può essere ben disposto verso questo radicale cambiamento. Nonostante ciò, in molte aziende si sono potuti vedere i benefici derivanti dall'adozione della gestione snella, ed è interessante notare che la cultura lean non è rimasta circoscritta al solo ambito produttivo, ma si è estesa anche agli uffici, alla finanza, ai servizi e all'amministrazione.

Tale cambiamento, tuttavia, non ha riscosso molto successo nelle operazioni di processo, dove sono ancora molto limitate le applicazioni delle tecniche lean. Questo è dovuto principalmente al fatto che gli alti volumi produttivi, la complessità dei macchinari utilizzati e la bassa flessibilità dei processi tendono a scoraggiare i manager dal realizzare modifiche consistenti, che potrebbero non portare ai risultati sperati.

Inoltre, sono in molti a ritenere che in realtà la gestione snella non possa comunque portare molti benefici nelle operazioni di processo: questa convinzione deriva dal fatto che i processi di trasformazione sono continui e, dato che lo scopo della lean è quello di produrre a flusso continuo, i miglioramenti che essa può apportare sono alquanto contenuti. Questo modo di ragionare, ovviamente, è impreciso: innanzitutto i processi di trasformazione non sono del tutto continui, ma il materiale lavorato ad un certo punto si separa in lotti; la cosa più importante, però, è che la lean production non ha come unico obiettivo quello di rendere il flusso continuo, ma prima di tutto mira ad eliminare gli sprechi, che sono presenti in qualsiasi stabilimento.

La vera sfida è quella di riuscire ad adattare le tecniche lean ad un contesto così differente, e riuscire a coinvolgere tutte le persone, tenendo conto del fatto che una trasformazione di questo tipo non sarà realizzabile nel breve periodo ma richiederà anni prima di essere consolidata e quindi, la mancanza di risultati immediati, non dovrà scoraggiare i manager ma dovrà spingerli a un ulteriore miglioramento. Fondamentale a questo riguardo è la distinzione tra forma e sostanza espressa da Raymond C. Floyd; Floyd ha speso la maggior parte della sua carriera lavorativa nel settore energetico, lavorando al servizio di imprese come Exxon Mobil, General Motors e Suncor Energy, ed ha cercato di introdurre la cultura snella nel suo lavoro, arrivando anche a vincere il Premio Shingo per

l'eccellenza operativa e per la sua pubblicazione "Liquid Lean: Developing Lean Culture in the Process Industries" nel 2010. Quello che Floyd sottolinea fin da subito nel suo libro è che una qualsiasi azienda che inizia ad implementare i concetti lean deve prestare particolare attenzione ad adottare la sostanza, piuttosto che la forma: ciò significa che limitarsi a copiare le tecniche lean, senza comprendere i cambiamenti richiesti per ottenere una produzione di successo, porterà a scarsi risultati, convincendo le persone a cambiare strategia.

Infine, si deve anche prendere in considerazione l'ampia gamma di aziende di processo esistenti, che si trovano ad affrontare diversi problemi e, di conseguenza, gli strumenti lean dovranno essere adattati opportunamente al caso specifico.

### **2.3 – I sette muda nell'azienda di processo**

A dimostrazione del fatto che la gestione snella può portare molti benefici in un'azienda di processo, è utile evidenziare come i sette sprechi di Ohno siano presenti anche in questo contesto e in che modo si possano manifestare: a partire dall'individuazione di questi, infatti, si potrà capire come adattare gli strumenti lean e quali risultati attendersi.

- Sovrapproduzione: riguarda la produzione di più materiale rispetto a quanto effettivamente richiesto. Questo spreco è molto frequente nelle industrie di processo e le cause principali sono due:
  - I punti di differenziazione sono molti, e aumentano a mano a mano che si avanza nel processo: prendere una decisione sbagliata, basandosi sulle previsioni di vendita, comporta la produzione di materiale che in realtà non è richiesto dal cliente, e andrà quindi a finire in magazzino;
  - Considerate le difficoltà di attrezzaggio e di cambio prodotto, la tendenza è quella di realizzare lunghe campagne, producendo più di quanto effettivamente richiesto allo scopo di ridurre le perdite di materiale e di tempo;
- Difetti: la produzione di materiale fuori specifiche nell'industria di processo è un problema particolarmente critico. Infatti, oltre a valutare che

siano rispettati i parametri dimensionali in prodotti come fogli, tubi, pellet, è richiesta anche un'analisi di proprietà meno evidenti, che sono la causa dei principali difetti: ad esempio, in prodotti liquidi come il ketchup o la vernice un parametro determinante per una buona qualità è quello della viscosità, invece i cibi e le bibite devono rispettare alcuni standard relativi al sapore e all'aroma; queste caratteristiche sono misurate attraverso dei test in laboratorio, che possono richiedere tempi lunghi, e questo porta al rischio di produrre una grande quantità di materiale fuori specifiche prima di rilevare il difetto. Ci sono poi i processi che iniziano con ingredienti naturali, e la difettosità in questi casi deriva dalla non conformità delle materie prime, che potrebbero avere diversi gradi di purezza, e dovranno essere opportunamente analizzate prima di essere lavorate.

- Scorte: la cultura lean mira ad eliminare le scorte, ma perché questo sia possibile è necessario risolvere i problemi che costringono l'azienda ad accumulare questo spreco. Nell'industria di processo si possono rilevare cinque cause principali:
  - Differenza di capacità, dovuta al fatto che i macchinari sono progettati per lavorare lotti di grandi dimensioni e quindi si adattano a svariate necessità; ne consegue che la velocità produttiva e il tempo ciclo di ciascun macchinario potranno essere diversi e questa mancata sincronizzazione obbliga l'impresa a porre dei buffer intermedi.
  - La tendenza ad eseguire lunghe campagne porta ad una sovrapproduzione, e quindi all'accumulo di scorte.
  - La capacità produttiva è limitata dall'impianto, pertanto per risolvere un collo di bottiglia si dovrebbe aggiungere un macchinario, ma questa soluzione non è economicamente valida: si preferisce, invece, avere delle scorte intermedie.
  - Ciascun punto di differenziazione può essere fonte di decisioni sbagliate, che causano un aumento delle scorte. Questo problema si verifica soprattutto se le decisioni sono prese basandosi sulle

previsioni, cioè seguendo una logica push, perché si corre il rischio di produrre materiale per cui in realtà non c'è domanda.

- I residui di materiale fluido che possono restare all'interno delle vasche quando vengono svuotate costituiscono una scorta.
- **Attesa:** è il tempo sprecato dagli operatori, che restano in attesa che arrivi il materiale da lavorare, o che si liberi il macchinario. La soluzione sarebbe quella di bilanciare la linea, in modo che il carico di lavoro sia simile in ogni fase e il flusso sia sincronizzato; tuttavia, in un'industria di trasformazione, caratterizzata da reazioni chimiche e processi che richiedono tempi fissati e piuttosto lunghi, una riallocazione del lavoro può risultare complessa.
- **Movimentazioni:** si intendono tutti gli spostamenti del personale, che devono recuperare strumenti o materiale da lavorare e negli impianti di trasformazione questo spreco è rilevante a causa delle grandi dimensioni degli stabilimenti.
- **Trasporto:** fa riferimento allo spostamento del materiale, che rischia di essere danneggiato o di subire dei ritardi. La soluzione proposta dalla lean, cioè l'applicazione di una configurazione a celle, è difficile da adottare negli stabilimenti di processo, a causa delle grandi dimensioni dei macchinari, ma si potrà comunque cercare di fissare una sequenza di produzione tale da minimizzare i trasporti.
- **Processo:** con questo si fa riferimento a tutte le inefficienze all'interno di un processo, e in un'industria di trasformazione, tra i vari problemi che si possono trovare, due sono particolarmente presenti:
  - La necessità di eseguire test e analisi per valutare se le specifiche del prodotto rispettano i parametri richiesti;
  - La presenza di processi necessari per correggere errori e difetti nei materiali.

Infine, così come nei processi di assemblaggio, anche in quelli di trasformazione si può individuare un ottavo spreco, cioè quello della creatività umana. In qualsiasi azienda infatti, indipendentemente dal tipo di processo o di materiale lavorato, è importante il coinvolgimento delle persone a tutti i livelli, e perché

ciò sia possibile l'azienda si dovrà impegnare a formare il personale e a fornire gli strumenti necessari ad eseguire dei miglioramenti autonomi.

## **2.4 – Classificare l'industria di processo**

Quando si parla di industria di processo, in realtà si fa riferimento ad una molteplicità di aziende che, pur essendo costituite da operazioni di trasformazione, presentano molte differenze l'una dall'altra. Di conseguenza, le problematiche che si possono incontrare quando si vogliono adottare gli strumenti lean possono essere specifiche di alcuni campi di applicazione piuttosto che di altri.

Il professore Fawaz Abdullah nella sua tesi <sup>2</sup>ha identificato tre caratteristiche sulla base delle quali è possibile classificare le aziende:

- Le caratteristiche del prodotto;
- Le caratteristiche del flusso di materiale;
- Le caratteristiche di continuità del processo.

### **2.4.1 Le caratteristiche del prodotto**

Partendo dal considerare le materie prime coinvolte nel processo, quasi sempre le aziende di trasformazione ricevono come input materiale estratto dalle miniere, o proveniente dal settore agricolo o da altre industrie di processo. Le problematiche maggiori riguardano le materie prime provenienti dalla natura perché i livelli di qualità possono essere variabili e vanno ad impattare pesantemente sulla qualità del prodotto finito e, inoltre, ci possono essere periodi in cui un materiale può essere scarso o più difficile da reperire. Ad esempio, nella produzione del polimero un elemento fondamentale è l'isobutene, un materiale che si ottiene dal petrolio: di conseguenza il suo prezzo, e quello del polimero, dipenderanno molto dal prezzo del petrolio e dalla situazione politico-economica dei paesi esportatori; in un contesto di questo tipo, riuscire ad avere un processo di produzione flessibile, grazie al quale non sono più necessarie scorte e la risposta al cliente diventa più rapida, può permettere all'azienda di mantenere

---

<sup>2</sup> Abdullah F., 2003, *Lean manufacturing in process industry with a focus on steel*, University of Pittsburgh.

costante il prezzo per il cliente, preservando un buon livello di servizio e un vantaggio competitivo. Anche nell'industria alimentare la qualità del prodotto finito dipende molto dalla qualità delle materie prime: avere frutta e verdura fresca che sono state trattate con opportuni prodotti è il primo passo per assicurare una buona qualità finale.

Bisogna anche prendere in considerazione la varietà di materie prime richieste nell'industria: una bassa varietà semplifica il processo, perché anche la varietà di prodotti finali ottenibile è minore, e questo favorisce un flusso continuo e una riduzione dei riattrezzaggi dei macchinari. Avere un maggior numero di materie prime, invece, aumenta anche la varietà finale ottenibile: nel caso dell'industria di vernici, ad esempio, oltre all'ampia gamma di colori che possono essere realizzati, si potranno produrre anche vernici per interni od esterni, per la carrozzeria delle automobili, per il legno, o ancora altre tipologie, e ciascuna di queste potrà avere anche diversi formati di confezionamento. In un contesto di questo tipo adottare delle tecniche lean come il livellamento della produzione e la metodologia SMED può portare a risultati molto positivi.

Infine, un ultimo fattore da considerare è il volume produttivo. L'industria di processo si pensa, infatti, che sia caratterizzata da grandi quantità di output, ma questo non è sempre vero. Ci sono settori come quello delle bevande o quello alimentare, che servono la grande distribuzione, e che devono quindi produrre lotti di grandi dimensioni per riuscire a rispondere al mercato; ma possono esserci settori come quello farmaceutico in cui un medicinale deve essere prodotto in piccole quantità, per mercati specifici.

Queste classificazioni vengono riportate in Fig 2.3 e 2.4.

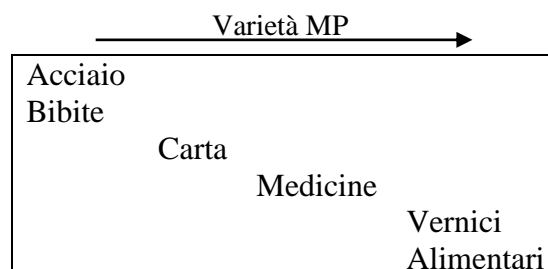


Fig. 2. 3 Classificazione in base alla varietà di materie prime  
Fonte: "Lean manufacturing in process industry with a focus on steel", Abdullah F.

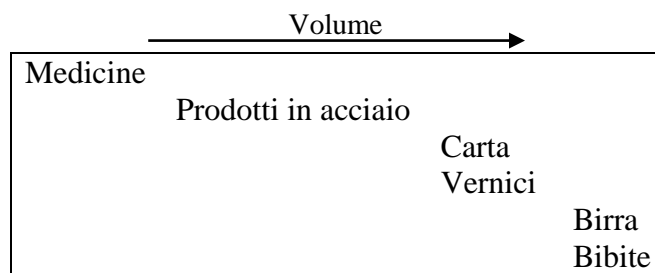


Fig. 2. 4 Classificazione in base al volume produttivo  
 Fonte: "Lean manufacturing in process industry with a focus on steel", Abdullah F.

Combinando insieme le due dimensioni, le industrie caratterizzate da alti volumi produttivi e una bassa varietà risultano più efficienti delle altre, in quanto offrono la possibilità di eseguire lunghe campagne, minimizzando così gli attrezzaggi e i cambi prodotto, che nei processi di trasformazione possono richiedere diverso tempo; inoltre, anche i punti di differenziazione sono minori, e questo si traduce in una pianificazione della produzione più accurata, riducendo il rischio di sovrapproduzione. Il flusso che si ottiene risulta continuo, quindi le tecniche lean come il kanban o lo SMED porteranno benefici limitati: sarà più utile, invece, implementare il TPM per garantire alti livelli di qualità, la value stream map per identificare gli sprechi ed eventi kaizen per ottenere dei continui miglioramenti. Più complesse da gestire sono invece le industrie costituite da bassi volumi produttivi e alta varietà, in quanto risultano caratterizzate da frequenti cambi prodotto, elevati punti di differenziazione e da una continua interruzione del processo. L'adozione dei principi lean, in un contesto di questo tipo, porterebbe sicuramente molti benefici, ma richiederebbe anche maggiori sforzi, in quanto le inefficienze da risolvere sono molteplici e gli strumenti lean dovranno essere opportunamente adattati alle diverse situazioni.

## 2.4.2 Le caratteristiche del flusso del materiale

Il flusso dei materiali può essere suddiviso in tre categorie:

- Job shop, o produzione per reparti: in questa configurazione i macchinari con caratteristiche omogenee sono raccolti nello stesso reparto e possono essere eseguiti più cicli produttivi contemporaneamente. Possono esserci, ad esempio, un reparto dedicato alla tornitura dove si trovano tutti i torni, e un reparto fresatura dove sono posizionate le fresatrici. Il job shop risulta

particolarmente adatto per le aziende che operano su commessa e realizzano prodotti in piccoli volumi e su richiesta dello specifico cliente; i macchinari utilizzati sono general purpose, in grado cioè di eseguire un'ampia gamma di operazioni e di lavorare diversi prodotti. In questo modo si riesce a garantire una certa flessibilità di processo, perché è possibile cambiare la sequenza e i volumi di produzione, ma si ha una maggiore complessità derivante dal dover gestire e coordinare una molteplicità di operazioni.

Una configurazione di questo tipo prevede, appunto, che le macchine e le attrezzature funzionalmente identiche siano raccolte nello stesso reparto, secondo quello che viene chiamato layout per processo; se, però, il prodotto lavorato è di dimensione elevate e difficile da spostare, si ricorrerà ad un layout a posizione fissa, caratterizzato da attrezzatura mobile e da operatori che si muovono attorno al componente da lavorare: questo avviene, ad esempio, nella costruzione di navi, aerei, strade, mentre nelle industrie di trasformazione è più diffuso il layout per processo.

Il materiale, quindi, viene spostato da un reparto all'altro, e questo causa un aumento del tempo di attraversamento e delle scorte di semilavorati, che sono in attesa di essere lavorati in ogni reparto; inoltre, il flusso produttivo risulta poco visibile, gli attrezzaggi sono frequenti e l'efficienza complessiva è bassa, a causa del sottoutilizzo di alcuni macchinari.

Esempi di industrie di trasformazione che possono ricorrere alla configurazione per reparti sono quella farmaceutica, in cui può essere richiesta la produzione di un medicinale in piccole quantità, dedicato ad uno specifico mercato, o anche l'industria delle vernici, in cui possono essere richiesti colori particolari o con caratteristiche specifiche.

- Batch shop, o produzione a lotti: in questa configurazione il prodotto viene lavorato in quantità dette lotti, e il materiale viene processato seguendo una sequenza di lavorazione predeterminata, chiamata ricetta. La dimensione dei lotti non è fissata a priori ma è scalabile, cioè variabile da impianto a impianto. La varietà di prodotti finiti offerta dall'azienda sarà più o meno elevata: l'impianto, infatti, può essere dedicato alla produzione di uno solo o più prodotti, così come può essere costituito da una sola linea o da più linee.

Rispetto al job shop, il numero di attrezzaggi è minore, in quanto un macchinario lavorerà un certo volume di un tipo di prodotto prima di essere fermato e riconfigurato per il lotto successivo: questo consente di ridurre i costi per unità e raggiungere una maggiore utilizzazione dell'impianto; tuttavia, il processo risulta ancora discontinuo e caratterizzato da alti livelli di scorte di semilavorato.

In genere gli impianti di tipo batch vengono usati nei processi chimici, ad esempio nella produzione di detersivi, resine, polimeri, nel settore farmaceutico per produrre medicinali o, ancora, nel settore alimentare, per la produzione di coloranti o conservanti.

Un esempio di processo batch è quello utilizzato nella distillazione, per separare due o più sostanze da una miscela sfruttando la differenza dei punti di ebollizione, ed è preferito ad un processo continuo quando sono coinvolte piccole quantità o quando è necessario usare la stessa apparecchiatura per più processi di distillazione.

- Flow shop, o produzione in linea: secondo questa configurazione l'impianto è suddiviso in più linee, ciascuna di esse dedicata alla lavorazione di un certo tipo di prodotto, e i macchinari sono disposti in serie secondo la sequenza di produzione. Il materiale fluisce da una macchina alla successiva in modo continuo, attraverso dei sistemi di movimentazione come i nastri trasportatori, ed è importante che la linea sia correttamente bilanciata, in modo da evitare interruzioni del processo e conseguenti accumuli di scorte tra le unità produttive. La produzione in linea è adatta quando sono richiesti elevati volumi e una bassa varietà di prodotti, in modo da riuscire a massimizzare l'utilizzo dell'impianto: si utilizzeranno, quindi, macchinari special purpose, che sono specializzati nell'esecuzione di un numero limitato di operazioni.

Questa configurazione nel complesso garantisce una continuità del flusso, un'elevata produttività, minori tempi di attraversamento del prodotto e costi unitari contenuti; per contro, però, risulta caratterizzata da una bassa flessibilità, perché cambiare la produzione richiede una riconfigurazione del layout della linea; inoltre, se una macchina si guasta si blocca tutto il

processo ed è quindi molto importante impedire il verificarsi di problemi, eseguendo un programma di manutenzione preventiva.

Il flow shop è tipico delle catene di montaggio, ma è diffuso anche nelle industrie di trasformazione; in particolare lo si può trovare negli impianti di laminazione, negli impianti idraulici di raccolta e distribuzione di gas e liquidi o negli impianti di produzione di energia termoelettrica.

Lo schema successivo (Fig. 2.5) riassume le caratteristiche principali di queste tre configurazioni.

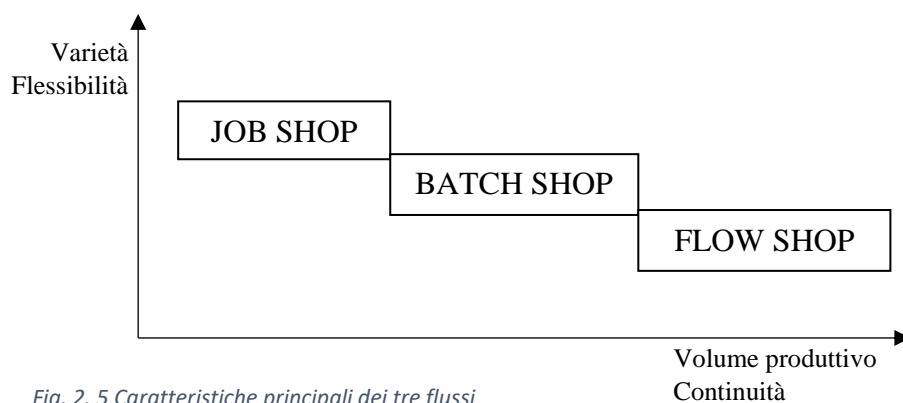


Fig. 2. 5 Caratteristiche principali dei tre flussi

Si osserva quindi che non tutte le industrie di trasformazione sono necessariamente caratterizzate da alti volumi e alta varietà di prodotto, così come non tutti i processi sono continui: il layout dell'azienda, la flessibilità del sistema e la continuità del flusso sono utili a definire in che misura i principi della lean possono essere adottati.

In particolare, la configurazione introdotta in Toyota, cioè la configurazione a celle, ha lo scopo di rendere il flusso continuo e visibile, ridurre i livelli di scorte e aumentare la flessibilità. Inoltre, individuando le famiglie di prodotti con caratteristiche simili, anche la pianificazione della sequenza di produzione e la gestione degli alti volumi risultano semplificate. Questa tecnica lean, ovviamente, deve essere adattata alle industrie di trasformazione, che sono caratterizzate da macchinari di grandi dimensioni che non è possibile spostare: per aggirare questo problema si possono realizzare delle "celle virtuali", dove si definiscono gli schemi di flusso e le famiglie di prodotti, senza però spostare fisicamente l'attrezzatura.

### **2.4.3 Le caratteristiche di continuità del processo**

Le industrie di processo solitamente vengono definite continue, in quanto le lavorazioni eseguite sul materiale non producono parti distinte, come avviene invece nell'assemblaggio, ma un flusso continuo di prodotto, come la ghisa liquida o la vernice.

In realtà, quasi sempre, ad un certo punto del processo si iniziano ad effettuare quelle che sono chiamate "operazioni separate", che vengono cioè eseguite su singole unità o su un gruppo di unità: quindi, il materiale si trasforma in parti distinte, e questa trasformazione in alcuni casi può avvenire nelle prime fasi del processo, in altri solo alla fine, con l'imballaggio.

I processi di trasformazione, pertanto, possono essere classificati in base alla continuità, come dimostrano alcuni esempi di seguito riportati:

- Nell'industria tessile il materiale lavorato si separa in unità già alle prime fasi: il filato di cotone o lana che esce dal filatoio viene mandato alla macchina di taglio, che produce unità separate per le diverse applicazioni. Queste unità verranno poi tinte e lavorate ulteriormente prima di essere spedite.
- Nell'industria siderurgica, la ghisa prodotta nell'altoforno esce dal crogiolo allo stato liquido e ha due possibilità: o viene lasciata solidificare per formare i pani di ghisa, o può essere caricata su un carro siluro che la mantiene liquida e la trasporta all'acciaieria, dove tramite il convertitore LD verrà trasformata in acciaio fuso, il quale verrà colato in delle lingottiere, per ottenere i semilavorati. Una volta ottenuti i pani di ghisa o i semilavorati, quindi, le operazioni che seguiranno verranno eseguite su unità separate.
- Nel processo di produzione della carta, il legno viene scaldato per formare la cosiddetta lava di legno, la quale viene immessa in un assottigliatore, che produce la pasta di carta. A questo punto la pasta viene candeggiata con biossido di cloro, per farle prendere il colore bianco, poi viene fatta essiccare e infine pressata, per ottenere i fogli di carta che verranno arrotolati in dei rulli. I rulli così ottenuti vengono mandati alla macchina di taglio per essere separati in bobine più piccole, pronte per essere

distribuite: è solo a questo punto del processo che si ottengono le unità separate.

- Nel processo di produzione dello zucchero, il succo che si estrae dalla canna da zucchero viene raffinato e concentrato, per ottenere un semilavorato chiamato sciroppo; lo sciroppo quindi viene sottoposto alla cristallizzazione, tramite un sistema di riscaldamento a fascio tubiero, e i cristalli di zucchero che si ottengono vengono imballati in unità separate.
- Nel processo di produzione della vernice, si inizia con una miscelazione di resine, pigmenti, oli e solventi, e le unità separate si ottengono solo alla fine, quando il materiale viene imballato in contenitori di diverse misure.

Dato che uno degli obiettivi della lean è quello di rendere il flusso continuo, in un processo di trasformazione in cui le unità diventano separate alle prime fasi si possono ottenere maggiori benefici dall'adozione delle tecniche lean, rispetto a un processo puramente continuo, ed è utile fare queste considerazioni per capire come e dove è possibile apportare i miglioramenti.

In Fig. 2.6 viene fatta una classifica di alcuni processi, in base alla continuità.

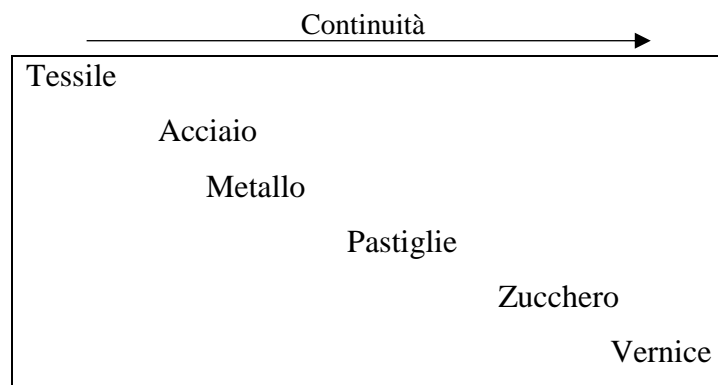


Fig. 2. 6 Classificazione in base alla continuità del processo

Fonte: "Lean manufacturing in process industry with a focus on steel", Abdullah F.

In conclusione, individuare gli sprechi, le inefficienze e le caratteristiche della specifica azienda in cui si vuole avviare la trasformazione lean è il punto di partenza per stabilire quali strumenti è possibile adottare con facilità e quali, invece, devono essere rivisti ed adattati al nuovo contesto.



# Capitolo 3

## Tecniche lean nelle aziende di processo

Questo capitolo si focalizza sulle principali tecniche della gestione snella, evidenziandone i benefici, i limiti e le difficoltà di implementazione nelle aziende di processo. In particolare, si punterà l'attenzione sulla Value Stream Map, che fornisce una visione globale dell'azienda, utile ad identificare dove sono localizzati gli sprechi e le inefficienze; sul programma di Total Productive Maintenance e sulle metodologie SMED e 5S, usate per migliorare e mantenere le performance dell'impianto e per favorire il coinvolgimento di tutto il personale; infine, si parlerà del kaizen e del controllo statistico di processo, per il supporto del continuo miglioramento dell'impresa.

### 3.1 – Value Stream Map

Quella della Value Stream Map è una delle tecniche essenziali quando si sceglie di intraprendere la trasformazione snella, in quanto funge da punto di partenza nell'individuazione del flusso del valore. È importante, quindi, comprendere come questa metodologia possa essere adottata nel modo più corretto dalle aziende di processo, poiché pone le basi per tutti i cambiamenti successivi.

#### 3.1.1 Introduzione alla VSM

La value stream map (VSM) è la tecnica sviluppata da Toyota per identificare il flusso di valore. Lo scopo è quello di ottenere una mappa del processo che contenga tutte le operazioni, sia quelle a valore aggiunto che non, che contribuiscono a creare valore nel bene o servizio venduto al cliente. In questo modo è possibile individuare dove sono localizzati gli sprechi e le inefficienze, per capire come apportare i miglioramenti. Infatti, oltre alle attività che creano valore, possono esserci attività che costituiscono uno spreco, ma di queste alcune sono necessarie e non eliminabili alle attuali condizioni dell'azienda.

Prima di iniziare con la mappatura del processo sarà necessario identificare la famiglia di prodotti sulla quale concentrarsi, che potrà essere, ad esempio, quella caratterizzata da maggiori volumi produttivi, o quella i cui prodotti condividono il maggior numero di processi. Dopo di che, si potrà iniziare la realizzazione della VSM dello stato attuale. Secondo la tradizione, per tracciare il flusso si dovrebbero utilizzare carta e penna mentre si visita il "gemba", che letteralmente tradotto è "il luogo dove avvengono le cose", cioè la fabbrica. Infatti, solo percorrendo fisicamente il processo è possibile coinvolgere gli operatori che svolgono il lavoro e rilevare tutte le informazioni che, stando in ufficio, verrebbero trascurate. Negli stabilimenti di trasformazione, però, questa fase è molto più complessa, perché i macchinari sono posizionati distanti, le scorte spesso sono nascoste e difficili da rilevare e il flusso è discontinuo.

La VSM porta diversi benefici:

- Fornisce una visione globale del processo e di quello che avviene;
- Mette in luce gli sprechi e le aree dove è possibile apportare dei miglioramenti;
- Fornisce un punto di partenza per documentare lo stato futuro ideale.

Quindi, una volta definito lo stato attuale del processo, sarà possibile analizzare la mappa per individuare gli sprechi, le attività non a valore aggiunto ed altre opportunità di miglioramento: a questo punto è possibile sviluppare una VSM dello stato futuro, in modo da mostrare i cambiamenti e gli obiettivi da raggiungere.

Un esempio di VSM è quella illustrata in Fig. 3.1, dove è rappresentato un generico processo; dallo schema si possono individuare tre componenti principali all'interno della mappa:

- Il flusso del materiale, che raccoglie in dei data box tutte le informazioni riguardanti le attrezzature, le scorte, i trasporti e le movimentazioni;
- Il flusso delle informazioni, che serve a comprendere come sono gestiti i dati e il flusso dei materiali;
- La linea del tempo, che viene rappresentata come un'onda quadra in basso alla VSM, e permette di separare le attività a valore aggiunto e quelle non a valore aggiunto.

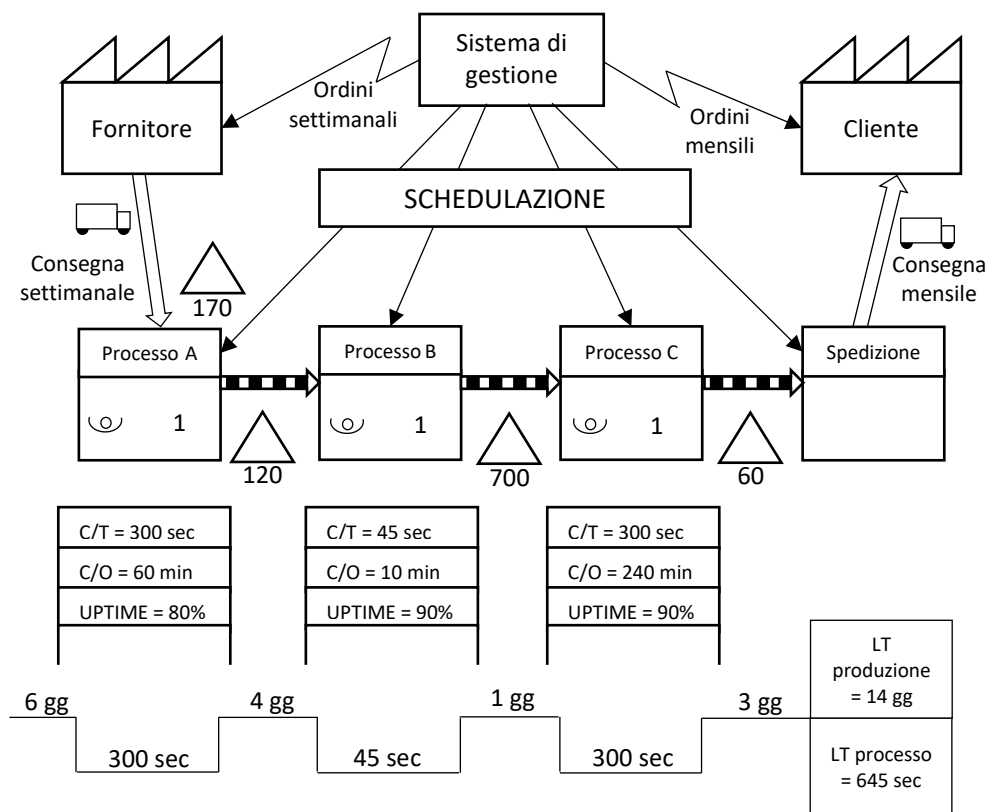


Fig. 3. 1 Esempio di VSM

Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping)

### 3.1.2 Flusso del materiale

Nella parte centrale della mappa viene mostrato il flusso del materiale, che parte dalle materie prime e attraversa il processo fino al prodotto finito; ogni fase del processo è descritta da un data box, che fornisce tutte le informazioni numeriche necessarie a comprendere quanto bene fluisce il materiale e se ci sono colli di bottiglia, vincoli di capacità o altre inefficienze.

Si hanno diverse tipologie di data box:

- Process data box, che raccoglie i parametri principali del processo ed è posizionato sotto la fase a cui fa riferimento. In Tab. 3.1 sono riportati i parametri più diffusi.

T/C	Tempo ciclo necessario alla macchina per eseguire l'operazione su un pezzo.
T/O	Tempo richiesto per il cambio prodotto.

Capacità massima	L'output di una fase di processo quando questa opera in condizioni perfette, senza perdite di rendimento, rotture o guasti.
Capacità effettiva	L'output di una fase di processo in condizioni normali, considerando quindi le perdite medie e la manutenzione.
Takt Time	Velocità produttiva alla quale devono essere realizzati i prodotti per riuscire a soddisfare la domanda del cliente.
Utilizzazione	Indica quanto pienamente è utilizzata una fase del processo.
Uptime o OEE	Parametri che misurano le performance dell'impianto, indicando la percentuale di tempo durante la quale la macchina è in grado di funzionare a piena velocità.
Rendimento	La percentuale di materiale che esce dalla fase del processo le cui proprietà rispettano le specifiche.
SKU	Il numero di prodotti o materiali che escono dal processo.
Dimensione del lotto	Quantità di materiale all'interno di un singolo lotto.
EPEI (Every Part Every Interval)	Misura l'intervallo di tempo durante il quale vengono realizzati tutti i tipi di prodotto.
Tempo disponibile	Il tempo pianificato per eseguire il processo, tenendo conto delle eventuali pause durante le quali il processo si interrompe.
Turni	Il numero di turni in un certo periodo.

Tab. 3. 1 Process data box

Osservando questi dati è possibile individuare in modo rapido le prime opportunità di miglioramento; in particolare, dal confronto tra il tempo ciclo e il takt time è possibile individuare gli eventuali vincoli di capacità, cioè quelle operazioni che per essere eseguite richiedono un tempo superiore al takt, e quindi non permettono di soddisfare la domanda del cliente; il takt time è calcolato come segue:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ di\ lavoro\ disponibile\ in\ un\ giorno}{Domanda\ giornaliera\ del\ cliente}$$

Dal valore del takt time è possibile capire anche se le fasi sono a flusso, o se invece è necessario un intervento per riuscire a sincronizzare la produzione al ritmo del takt, e ridurre così lo spreco di sovrapproduzione. Oltre ai vincoli di capacità, un'altra barriera allo scorrimento del flusso è costituita dai colli di bottiglia, cioè tutte quelle fasi che non hanno la capacità di rispondere alla domanda dei clienti e che condizionano tutto il processo. L'utilizzazione è il parametro fondamentale per individuare questa inefficienza: infatti, tanto più questo valore si avvicina al 100%, tanto più la fase è a rischio di diventare un collo di bottiglia. Mentre negli stabilimenti di assemblaggio la causa principale di questo problema va ricercata nella scarsità di manodopera, per cui la soluzione può essere quella di ridistribuire il lavoro e aumentare il numero di operatori, nei processi di trasformazione si dovrà invece prestare maggiore attenzione alle performance degli impianti, considerata la natura capital intensive degli stabilimenti; per tale motivo sono particolarmente importanti i parametri come l'OEE e l'Uptime. Le cause principali dei colli di bottiglia in questo contesto possono essere: perdite di resa, scarsa capacità dell'impianto, lunghi tempi di cambio prodotto e scarsa affidabilità. Inoltre, una volta risolto il collo di bottiglia, bisogna prestare attenzione perché c'è la possibilità che si presentino nuovi colli di bottiglia, che dovranno essere a loro volta risolti.

- Inventory data box: raccoglie tutte le informazioni sulle scorte di materia prima, WIP e prodotti finiti, e nella VSM, se presente, è posizionato al di sotto del magazzino scorte. Le informazioni riportate sono quelle indicate in Tab. 3.2.

Scorte	Quantità totale media di tutte le SKU immagazzinate in quella posizione.
Giorni	Volume delle scorte convertito in numero di giorni.
SKU	Numero totale di SKU immagazzinato in quel punto del processo.

Tab. 3. 2 Inventory data box

È quindi possibile individuare rapidamente i livelli di scorte, e capire dove è più importante concentrarsi per cercare di abbassarli. Ragionando in ottica lean, le scorte costituiscono uno degli sprechi più gravi, in quanto tendono a nascondere altre inefficienze derivanti dall'inaffidabilità dell'attrezzatura. Diminuire le scorte, quindi, consente di far emergere altri problemi che altrimenti sarebbero trascurati; per raggiungere questo obiettivo si potranno, ad esempio, ridurre le dimensioni dei lotti e i tempi di attrezzaggio e rendere il processo a flusso continuo.

- **Transportation data box:** contiene tutte le informazioni sulle consegne dai fornitori, le movimentazioni interne e le spedizioni ai centri presso i clienti. Saranno mostrate informazioni sulla frequenza delle consegne, le dimensioni dei lotti trasportati e i tempi di trasporto medi. In questo modo è facilmente individuabile lo spreco di trasporto.
- **Customers data box:** racchiude tutte le informazioni principali sugli ordini dei clienti, quindi la quantità di prodotti ordinati, il tempo che il cliente è disposto ad attendere e il takt complessivo.
- **Supplier data box** mostra invece tutti i dati rilevanti del lato fornitura, cioè il tempo che intercorre tra il momento di emissione dell'ordine e il momento in cui il fornitore lo spedisce, e la quantità di prodotto ordinata.

### **3.1.3 Flusso delle informazioni**

Questo secondo componente è posizionato nella parte alta della mappa, dove viene rappresentato il sistema di gestione della produzione e tramite le frecce viene illustrato come fluiscono tutti i dati che gestiscono il flusso dei materiali. È importante il collegamento tra i due flussi perché, spesso, il flusso fisico del materiale non è limitato da colli di bottiglia o vincoli di capacità, quanto piuttosto da una sbagliata gestione delle informazioni.

Le frecce a zig-zag indicano informazioni trasferite elettronicamente, mentre le frecce dritte rappresentano un flusso cartaceo o telefonico.

### **3.1.4 Linea temporale**

La linea temporale è rappresentata come un'onda quadra in basso alla VSM: nella parte inferiore, quindi, vengono riportati i tempi delle attività a valore aggiunto

mentre nella parte superiore i tempi delle attività non a valore aggiunto, o viceversa. In questo modo è possibile vedere rapidamente quanto è il tempo sprecato. Nelle industrie di trasformazione questo aspetto è particolarmente critico, perché le attività che non creano valore possono costituire anche il 98% del tempo totale: il materiale, infatti, può restare immagazzinato per giorni o settimane in attesa di essere processato.

La linea temporale, pertanto, evidenzia dove sono localizzati i maggiori sprechi e dove è richiesto un rapido intervento di miglioramento.

### **3.1.5 VSM nell'azienda di processo**

Gli stabilimenti di trasformazione, come già accennato, hanno delle caratteristiche tali per cui, quando si applica la tecnica di mappatura del processo, è necessario adottare un approccio differente rispetto a quello tradizionale. Innanzitutto, solitamente quando si comincia a tracciare la mappa, il consiglio è quello di iniziare dal cliente e ripercorrere il flusso al contrario: questo è conveniente per i processi convergenti, che hanno quindi una bassa varietà di prodotti finiti, mentre per i processi divergenti, caratterizzati da elevati punti di differenziazione, partire dalla fine può aumentare la complessità; pertanto conviene iniziare dalla materia prima, dove il numero di parti è minore. Inoltre, per generare la mappa è importante andare nel gembà e interagire con le persone che lavorano, ma in uno stabilimento di trasformazione i macchinari di grandi dimensioni sono posizionati in diverse aree e quindi la disposizione fisica non rispecchia il flusso: di conseguenza, l'operazione di mappatura richiede una maggiore attenzione e può essere conveniente eseguirla con un computer, piuttosto che con carta e matita, in modo che sia possibile apportare le modifiche facilmente e mantenere ordinato lo schema.

Nel selezionare la famiglia di prodotti da analizzare, invece, bisogna tenere conto del fatto che, in un'industria di processo, quasi tutti i prodotti fluiscono attraverso le stesse macchine: quindi, considerare solo un sottoinsieme del flusso totale può portare ad una rappresentazione imprecisa dell'impianto e il rischio è quello di non riuscire a rilevare tutti gli sprechi e i colli di bottiglia realmente presenti. In questo caso la VSM dovrebbe raffigurare il flusso completo, e non solo una famiglia di prodotti.

Infine, nei data box, oltre ai tipici parametri normalmente presenti, si dovranno riportare anche quelli legati alla performance dell'impianto; infatti, per risolvere i colli di bottiglia, data la natura continuativa dei processi, non porta alcun beneficio aumentare i turni o gli operatori, ma è necessario intervenire per migliorare le prestazioni dell'impianto e ridurre i fermi macchina; anche il tempo di cambio prodotto assume una maggiore importanza, perché la complessità dell'attrezzaggio e gli sprechi di materiale che ne derivano sono la causa principale delle lunghe campagne e della sovrapproduzione, e risolvere queste inefficienze porta a notevoli miglioramenti.

Si osserva quindi che questa tecnica richiede alcuni accorgimenti, ma può essere adottata senza troppi problemi dagli stabilimenti di trasformazione, così che le inefficienze e gli sprechi siano resi facilmente visibili.

## **3.2 – Total Productive Maintenance**

Con l'obiettivo di supportare il coinvolgimento del personale una tecnica che viene in aiuto è quella del Total Productive Maintenance (TPM), sviluppata in Toyota dall'ingegnere Nakajima tra gli anni '60 e '80 e fondamentale per una corretta implementazione del JIT.

### **3.2.1 Introduzione al TPM**

Attraverso l'utilizzo del TPM si vuole massimizzare la produttività dell'impianto e al contempo aumentare la soddisfazione dei lavoratori, riducendo i fermi macchina, i guasti, gli incidenti e i problemi di qualità.

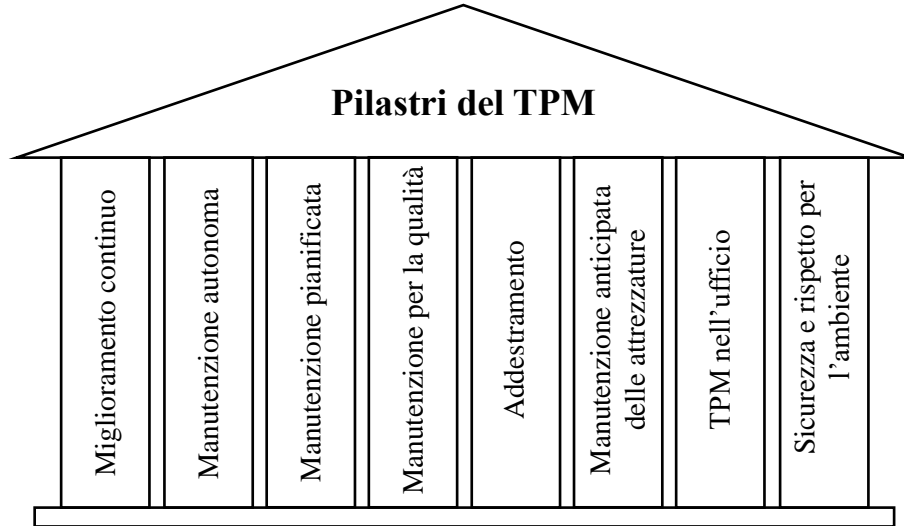
La manutenzione, non è più vista come un'operazione separata, di supporto alla produzione, quanto piuttosto come un'attività di routine, che viene eseguita non solo da team dedicati, ma anche dagli operatori che lavorano sui macchinari, in modo autonomo: ogni persona presente in fabbrica, dunque, è responsabile della manutenzione dell'impianto.

I principali benefici introdotti con questa tecnica sono:

- Miglioramento della produttività;
- Miglioramento della qualità;
- Maggiore soddisfazione dei lavoratori, che hanno maggiori responsabilità e maggiore autonomia;

- Ambiente di lavoro più sicuro;
- Maggiore soddisfazione dei clienti.

Il TPM si sviluppa in otto pilastri, riportati in Fig. 3.2 e di seguito descritti:



*Fig. 3. 2 Pilastrini del TPM*

1. **Miglioramento continuo:** apportare dei piccoli miglioramenti in modo continuo sui processi produttivi, così da ridurre le perdite di resa e le inefficienze. Si andrà quindi ad identificare un team multifunzionale che dovrà focalizzarsi sulla risoluzione di un particolare problema in una parte dell'impianto: questo favorirà la collaborazione e lo sviluppo delle persone.
2. **Manutenzione autonoma:** assegnare le attività manutentive di base agli operatori che lavorano nell'impianto, dando modo al team dedicato alla manutenzione di dedicarsi ad attività più complesse. Quindi, operazioni come la pulizia dei macchinari, la lubrificazione, l'ispezione e il rilevamento di eventuali problemi, dovranno essere eseguite dagli operatori, che saranno così più responsabili dell'attrezzatura e più motivati a prendersene cura.
3. **Manutenzione pianificata:** lo scopo è quello di passare da una manutenzione reattiva a una manutenzione proattiva servendosi di uno schema di manutenzione che può essere continuamente migliorato; in questo modo sarà possibile prevenire il verificarsi di guasti e anomalie, con una conseguente riduzione dei costi di manutenzione.

4. Manutenzione per la qualità: consiste nell'eliminazione in modo sistematico di tutti i problemi di qualità, così da evitare che il materiale difettoso prosegua lungo la catena del valore e debba essere rilavorato in seguito; l'eliminazione dei difetti porta ad una riduzione delle lamentele da parte dei clienti e ad una conseguente riduzione dei costi di qualità.
5. Addestramento: è importante formare gli operatori e fornire loro non solo gli strumenti, ma anche le competenze necessarie ad eseguire in modo autonomo piccoli miglioramenti nel processo. Un corretto sviluppo del personale è particolarmente importante, per essere certi che le operazioni eseguite autonomamente siano in linea con gli obiettivi dell'azienda e non vadano invece a danneggiare l'impianto.
6. Manutenzione anticipata delle attrezzature: sfruttando l'esperienza ottenuta dalle precedenti attività di miglioramento sarà possibile assicurare che i nuovi macchinari raggiungano le prestazioni ottimali in tempi rapidi: in questo modo sarà possibile avere fin da subito un'alta produttività ed un'elevata qualità dell'output. Un nuovo impianto, quindi, dovrà essere progettato in modo tale da facilitare la manutenzione di base, così che gli operatori possano eseguire le attività in modo rapido e regolarmente, senza troppi problemi.
7. TPM nell'ufficio: coinvolgere anche le funzioni amministrative è fondamentale affinché l'intera organizzazione sia orientata verso gli stessi obiettivi. Gli uffici inoltre, seguendo i principi del TPM, saranno in grado di fornire servizi di supporto alla manutenzione e cercheranno a loro volta di massimizzare la produttività, ad esempio semplificando le attività di elaborazione degli ordini o migliorando la comunicazione.
8. Sicurezza e rispetto per l'ambiente: garantire un ambiente di lavoro sicuro, in cui non si possano verificare situazioni che potrebbero danneggiare in qualche modo l'operatore, e cercare di ridurre gli sprechi energetici e l'inquinamento nell'ambiente.

Attraverso l'implementazione di questi otto elementi si ottiene una metodologia di manutenzione che mira a massimizzare l'efficienza dell'impianto, andando a prevenire il verificarsi dei problemi e coinvolgendo tutte le persone, così che la

manutenzione non sia più un'attività di supporto svolta da un team dedicato, ma diventi parte integrante del sistema produttivo.

In particolare, il coinvolgimento degli operatori, ancora una volta, risulta essere un passo fondamentale per un'efficace implementazione di questa tecnica; un esempio a dimostrazione di questo è quello di Suncor Energy, una compagnia canadese specializzata nella produzione di greggio sintetico a partire dalle sabbie bituminose. Nello stabilimento produttivo, un problema che si presentava di frequente riguardava la rapida usura delle guarnizioni nelle pompe: fino a quando non è stata introdotta la manutenzione autonoma, il team manutentivo si limitava a sostituire le guarnizioni usurate con altre nuove; solo quando questo compito fu affidato agli operatori, questi si accorsero che, in realtà, le guarnizioni utilizzate non erano in grado di garantire una chiusura a tenuta efficace, e per tale motivo si usuravano rapidamente; si osserva come questo problema potesse essere facilmente rilevato anche da un tecnico o da un ingegnere, ma non attirando la loro attenzione era stato trascurato.

### 3.2.2 Ruolo dell'OEE e dell'Uptime

L'OEE (Overall Equipment Effectiveness) è un indice utilizzato per misurare le performance dell'impianto, e come tale risulta essere un indicatore chiave per monitorare l'implementazione del TPM; il valore percentuale fornito sta a misurare, rispetto al tempo a disposizione, quanto ne viene utilizzato per produrre a pieno ritmo.

L'OEE è composto da tre elementi, che si focalizzano sulle diverse tipologie di inefficienze che un macchinario può subire (Fig. 3.3):

- **Disponibilità:** misura la perdita di produttività causata dai fermi macchina derivanti da guasti, attività di manutenzione, e attrezzaggi;

$$Disponibilità = \frac{Tempo\ operativo}{Tempo\ disponibile}$$

- **Performance:** misura la perdita di produttività degli impianti che funzionano ad una velocità inferiore rispetto a quella nominale;

$$Performance = \frac{Produzione\ reale}{Produzione\ nominale}$$

- Qualità: misura la perdita di produttività causata dalla produzione di materiale difettoso che richiede una rilavorazione

$$Qualità = \frac{Materiale\ effettivo}{Totale\ materiale\ prodotto}$$

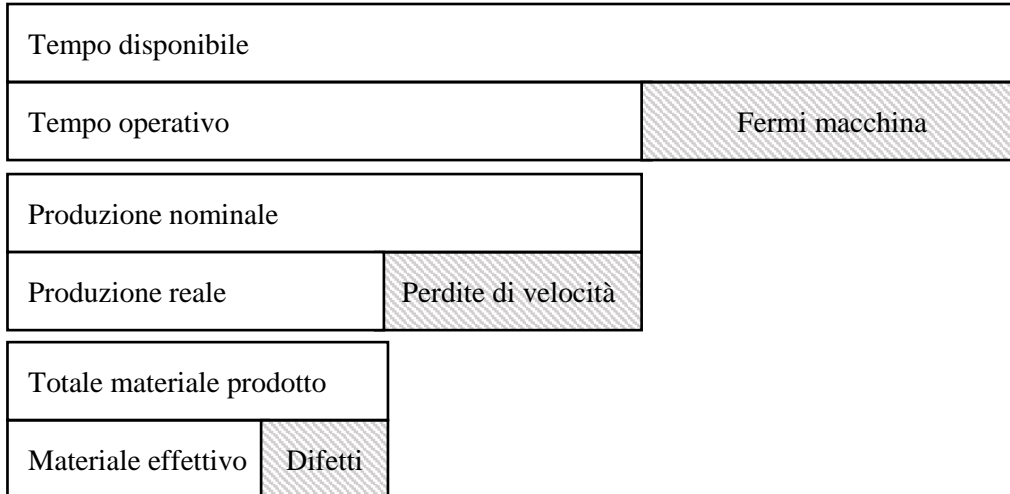


Fig. 3. 3 Componenti dell'OEE

L'OEE si ottiene dal prodotto dei tre componenti:

$$OEE = Disponibilità \times Performance \times Qualità$$

Un altro indicatore che misura le performance dell'impianto è quello dell'Uptime che, come l'OEE, fornisce in percentuale il tempo operativo in cui il processo è in grado di funzionare a pieno ritmo, producendo materiali di prima scelta. Il calcolo, però, è leggermente diverso:

$$Uptime = \frac{Tempo\ operativo\ a\ valore\ aggiunto}{Tempo\ operativo\ a\ valore\ aggiunto + Perdite}$$

Le perdite comprendono:

- I fermi macchina non pianificati, causati dai guasti;
- Il tempo richiesto per la manutenzione;
- Il tempo di attrezzaggio e cambio prodotto;
- La riduzione di velocità;
- La produzione di materiale difettoso e sprecato durante il cambio prodotto.

### 3.2.3 Tecniche a supporto del TPM

È già stato evidenziato il fatto che, alla base di una corretta implementazione del programma TPM, sia necessario il coinvolgimento di tutto il personale; l'introduzione di sistemi poka-yoke e segnali visivi, pertanto, può rivelarsi molto utile per fornire agli operatori un supporto, in modo tale che siano in grado di operare autonomamente e senza creare danni nell'organizzazione.

I sistemi poka-yoke riguardano tutte le modifiche eseguite sull'attrezzatura e le metodologie adottate che hanno lo scopo di rendere impossibile il verificarsi degli errori; i segnali visivi, invece, mostrano le informazioni sullo stabilimento, in modo che gli operatori possano individuare i problemi e possano correggerli prima che si manifestino le conseguenze.

Per esempio, in Exxon Mobil, una delle più importanti compagnie petrolifere americane, nello stabilimento di Baytown vengono utilizzati degli imballatori i cui pannelli di controllo presentano diversi interruttori rotativi, ciascuno dei quali può assumere due posizioni: nel funzionamento standard, quindi, alcuni interruttori puntano a destra, altri a sinistra. Per rendere il tutto più intuitivo un elettricista ha deciso di modificare le manopole in modo tale che, durante il normale funzionamento, tutte puntassero a destra. In questo modo si è introdotto uno schema che permetta di rilevare rapidamente eventuali anomalie.

Se si verifica un problema, invece, l'operatore può cercare di risolverlo, se ne è in grado, e oltre a questo dovrà anche individuare la causa radice del problema, in modo da impedire il suo ripetersi; allora si possono adottare strumenti come il diagramma di Ishikawa per rappresentare le relazioni causa-effetto, o l'analisi dei "cinque perché" per risalire alla causa radice.

Nell'esempio che segue (Fig. 3.4) si cerca di individuare la causa di un problema di accumulo delle riserve: nei processi chimici è normale avere delle pompe di ricambio in modo che, se la pompa in funzione si dovesse rompere, questa possa essere sostituita senza interrompere l'operazione; infatti, sebbene il costo delle pompe sia elevato, quello che si dovrebbe sostenere fermando il processo sarebbe superiore. Nello stabilimento di Baytown un impiegato si accorse però che in molte zone erano presenti tre pompe di ricambio, e si cercò di capire a cosa fosse dovuto questo accumulo di riserve; con l'analisi dei cinque perché è

possibile risalire alla causa originaria del problema, e da questa cercare di trovare la soluzione definitiva:

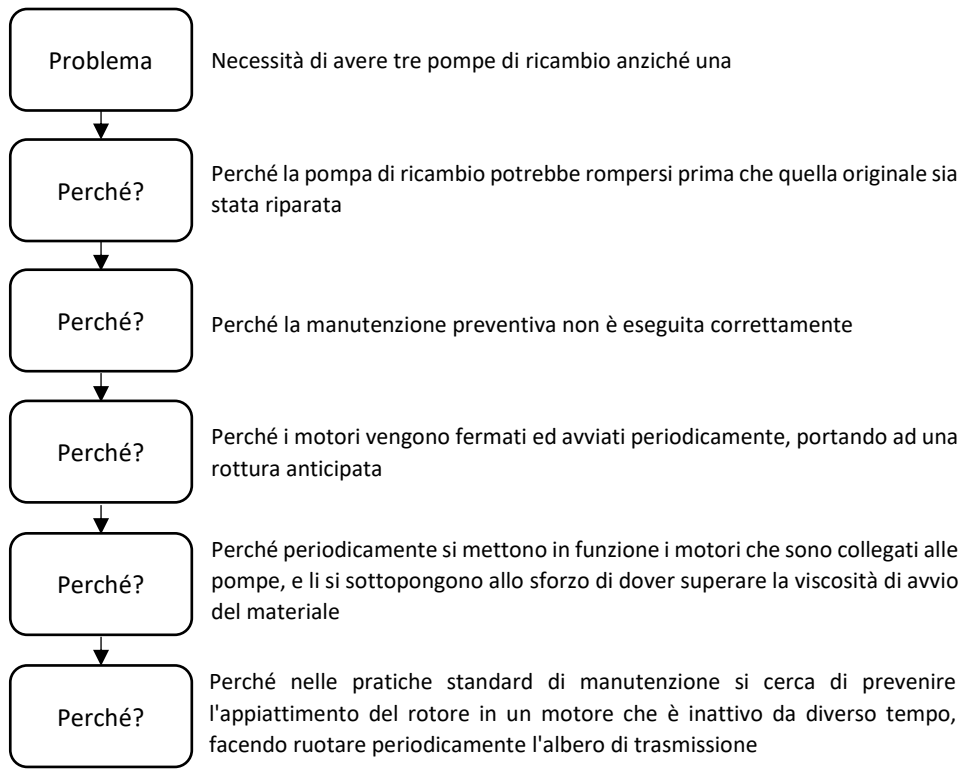


Fig. 3. 4 Esempio analisi dei cinque perché

La soluzione adottata è stata quella di continuare a far ruotare i motori per eseguire la manutenzione preventiva, ma manualmente. Grazie a questo piccolo cambiamento è stato possibile impiegare le pompe in altri servizi, senza doverne acquistare altre.

### 3.2.4 TPM nell'azienda di processo

Le aziende di processo sono ad alta intensità di capitale, per cui la produttività dei macchinari è molto più importante della produttività della manodopera; di conseguenza, dall'adozione di un programma TPM, è possibile ottenere elevati benefici, in quanto i guasti ai macchinari si traducono in una minore produttività. Il TPM, infatti, porta ad un utilizzo più efficiente delle attrezzature, permette di prevenire il manifestarsi di problemi che causano l'interruzione del processo, porta ad un miglioramento della qualità e ad una conseguente riduzione dei

difetti e degli scarti e favorisce un coinvolgimento ed una maggiore collaborazione del personale.

Ci sono però alcuni limiti all'applicazione di questa tecnica, in particolare per quanto riguarda la manutenzione autonoma. I processi di trasformazione, infatti, coinvolgono reazioni chimiche che richiedono determinati tempi per completarsi e non possono essere interrotte, altrimenti il risultato finale sarebbe compromesso e il materiale dovrebbe essere scartato; da questo si ricava che l'operatore non può in alcun modo interferire nel processo, e non ha la possibilità di fermarlo quando rileva un'anomalia, come invece accade nei processi di assemblaggio. Inoltre, in molti stabilimenti di trasformazione il flusso fisico non è visivamente evidente, in quanto il materiale si muove all'interno di tubazioni: gli operatori, quindi, non hanno le conoscenze sufficienti a gestire e migliorare l'impianto, così come non sono in grado di individuare i problemi.

Nonostante la complessità dei processi limitati le azioni autonome, il ruolo del personale è comunque importante, ed è utile introdurre delle pratiche che ne favoriscano il corretto coinvolgimento; quindi, attività come la lubrificazione e la pulizia possono entrare a far parte della routine giornaliera degli operatori, così da mantenere l'impianto in buone condizioni. Per esempio, considerate le elevate dimensioni degli stabilimenti e l'alta varietà di lubrificanti per le diverse applicazioni, sarà utile ricorrere ad una codifica per evitare che vengano commessi errori: si può quindi assegnare un colore ad ogni recipiente e ad ogni tipologia di lubrificante e, se i colori corrispondono, si avrà la certezza di star usando il lubrificante giusto per quel tipo di applicazione.

Inoltre, se gli operatori sono sufficientemente formati e hanno un'approfondita conoscenza del processo, hanno maggiori capacità di identificare i problemi e le rispettive cause, anche se non sempre hanno la possibilità di intervenire in modo autonomo nella loro risoluzione. In Suncor Energy, ad esempio, gli operatori riscontrarono un problema con lo scambiatore di calore, derivante dal fatto che quest'ultimo, prima di essere aperto, doveva svuotarsi, richiedendo diverso tempo; analizzando il sistema, gli operatori scoprirono che l'ingegnere che aveva progettato la linea di scarico aveva usato una tubatura da due pollici, ma aveva fornito una tubatura di raccordo da mezzo pollice che collegava la linea al

camion dei rifiuti: era questo il motivo per il quale lo scarico di grandi volumi di acqua richiedeva diverse ore per completarsi. Il team operativo fece presente questa scoperta all'ingegnere e, solo dopo l'approvazione tecnica, poté sostituire il raccordo con uno da due pollici.

Pertanto, attraverso una corretta introduzione al programma TPM e un adattamento delle metodologie ai diversi contesti è possibile raggiungere miglioramenti significativi nel tempo, assicurando anche un ambiente di lavoro sicuro, organizzato e in cui sia piacevole operare.

### **3.3 – SMED**

Un'altra metodologia che segue i principi del TPM e favorisce il raggiungimento di un sistema a flusso continuo è quella dello SMED (acronimo di "Single Minute Exchange of Die"), ed ha come obiettivo principale quello di ridurre i tempi di setup nei macchinari. L'ideatore di questa metodologia è Shigeo Shingo, un ingegnere giapponese che è stato assunto da Taiichi Ohno per risolvere un problema di attrezzaggio in un reparto di stampaggio di lamiere per auto: nel giro di due anni Shingo è riuscito a ridurre il tempo dalle sei ore iniziali a soli ventisette minuti ma, soprattutto, è riuscito ad elaborare un metodo sistematico applicabile a tutti i macchinari.

Riuscire a ridurre il tempo di setup ha degli effetti importanti sul flusso del processo, soprattutto per gli impianti che lavorano diverse tipologie di prodotto e che, quindi, eseguono attrezzaggi frequenti: questa tecnica, infatti, permette di ridurre le dimensioni dei lotti, massimizzare la produttività dell'impianto e accorciare i tempi di attraversamento del prodotto, rendendo il sistema più flessibile.

#### **3.3.1 Procedura SMED**

Il merito maggiore assegnato a Shingo è quello di essere riuscito a sviluppare un vero e proprio metodo, da poter applicare alle diverse tipologie di macchinari seguendo una procedura che può essere suddivisa in quattro fasi, come rappresentato dallo schema in Fig. 3.5.

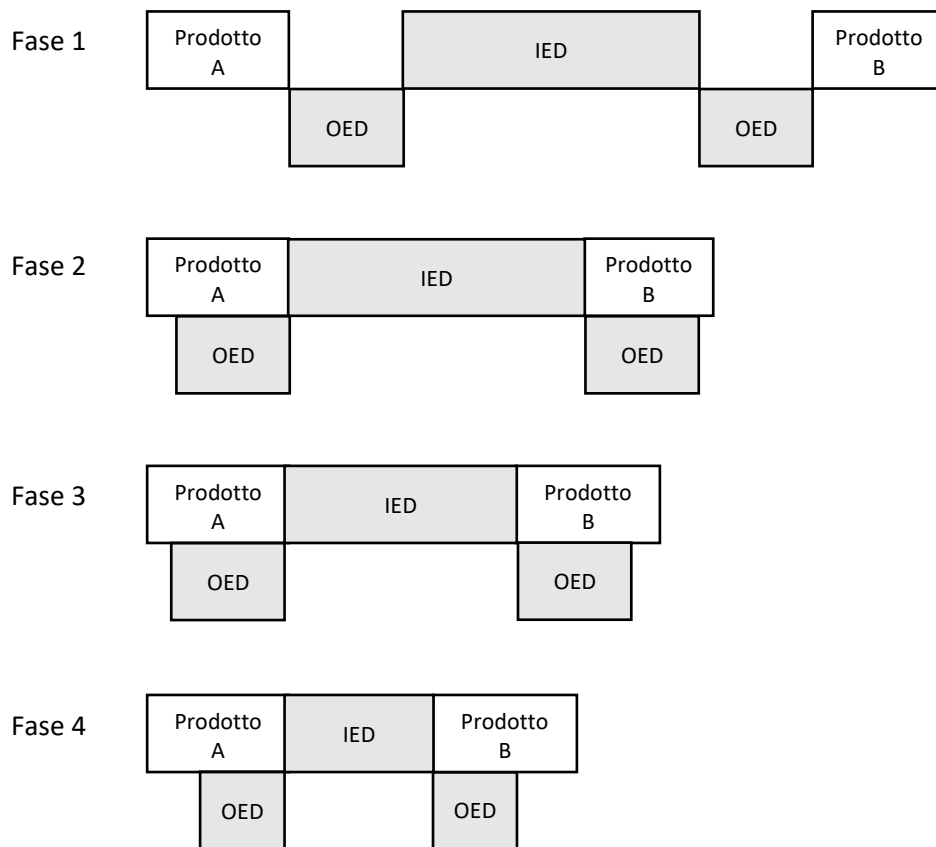


Fig. 3. 5 Schema di procedura SMED  
 Fonte: "Lean Thinking per le aziende di processo", King P. L.

Il primo passo è quello di individuare tutte le operazioni svolte durante il setup, ossia nel tempo che intercorre tra la produzione dell'ultimo pezzo del lotto precedente e la produzione del primo pezzo del lotto successivo, nella stessa macchina. Lo scopo è quello di distinguere le attività OED (Outside Exchange of Die), che sono eseguibili anche con la macchina in funzione, dalle attività IED (Inside Exchange of Die), che, al contrario, devono necessariamente essere eseguite a macchina ferma.

Una volta individuate tutte le attività, il passo successivo è quello di spostare le attività esterne in modo che siano eseguite mentre la macchina opera: ad esempio, gli utensili necessari per l'attrezzaggio possono essere recuperati durante la produzione di A e possono essere messi a posto quando inizia la produzione di B; oppure, gli strumenti di uso più comune possono essere duplicati, in modo che siano sempre disponibili; si può notare che con solo questa modifica il tempo di fermo macchina può diminuire dal 30% al 50%.

Il terzo passaggio prevede una semplificazione delle attività interne, così che siano eseguite più rapidamente. Perché questo sia possibile, si dovranno addestrare gli operatori e apportare delle modifiche all'impianto, ad esempio sostituendo viti e bulloni con sistemi ad incastro, così che sia più facile lo smontaggio; inoltre si dovrà creare un team di lavoro, in modo che le operazioni siano svolte in parallelo da più operai e il tempo richiesto sia inferiore. I benefici derivanti introducendo il lavoro di squadra possono essere descritti con il classico esempio del cambio delle ruote in un'auto: infatti, quando si ha la gomma bucata è necessario cambiarla, e questa operazione può richiedere diversi minuti, in base anche all'esperienza della persona; nelle gare di auto da corsa, invece, ai box viene eseguito il rifornimento del carburante, il cambio di tutte e quattro le gomme ed eventuali riparazioni e regolazioni, il tutto in pochi secondi. La significativa differenza del tempo impiegato nelle due situazioni è dovuta proprio al lavoro di squadra: avere più persone che collaborano insieme in modo organizzato, così che ognuno sappia quali operazioni svolgere e non intralci gli altri, garantisce una maggiore rapidità rispetto a quanto ci impiegherebbe un individuo da solo. Naturalmente il team deve essere addestrato in modo opportuno e deve avere a disposizione il giusto equipaggiamento, affinché sia possibile ottenere i massimi vantaggi.

Infine, l'ultima fase prevede una semplificazione delle attività esterne: si possono, per esempio, posizionare vicino ai macchinari anche dei carrelli contenenti dei kit di setup, così che l'operatore non debba perdere tempo a ricercare gli utensili, e introdurre l'utilizzo di check list per semplificare le sequenze delle operazioni.

Dopo aver implementato queste quattro fasi, si può arrivare ad una riduzione anche dell'85% rispetto al tempo di setup iniziale. Una volta ottenuto questo miglioramento, tuttavia, bisogna sostenerlo nel tempo, per evitare di tornare alla situazione di origine: per tale motivo è importante documentare e tenere traccia dei cambiamenti apportati, e periodicamente ripetere la procedura per raggiungere un'ulteriore riduzione dei tempi.

### **3.3.2 SMED nell'azienda di processo**

Nelle aziende di processo, la tendenza è quella di eseguire lunghe campagne, prima di passare alla lavorazione di un altro prodotto, con lo scopo di ridurre al minimo gli attrezzaggi dei macchinari, che possono essere lunghi e costosi. Questo modo di procedere, tuttavia, non è in linea con i principi della gestione snella, perché porta ad un accumulo eccessivo di scorte, a frequenti movimentazioni e a perdita di materiale: applicare la tecnica SMED seguendo la procedura di Shingo, pertanto, porterà sicuramente a dei miglioramenti e ad una riduzione degli sprechi anche in questo contesto. Oltre a questa tecnica, però, può essere utile introdurre anche una metodologia FSVV ("Fixed Sequence, Variable Volume") per la gestione della sequenza produttiva, in modo da ridurre i cambi prodotto più complessi e costosi, e favorire invece quelli più semplici. Nei processi di trasformazione, infatti, nel passare dalla lavorazione di un prodotto al successivo, si incontrano delle problematiche assenti nei processi di assemblaggio, e difficilmente risolvibili con la sola tecnica SMED: ad esempio, in un impianto di verniciatura in polvere, quando si passa dalla produzione di un colore ad un altro, è necessario eseguire una pulizia accurata non solo delle cabine, ma anche dell'intero circuito dell'aria, per evitare una contaminazione delle sostanze; quando si avvia un processo chimico, invece, si deve attendere che vengano raggiunte le condizioni iniziali di reazione, e oltre allo spreco di tempo c'è il rischio che venga sprecato anche il materiale che potrebbe subire delle trasformazioni non previste.

La FSVV mira quindi a ridurre le perdite derivanti dal cambio prodotto e ad aumentare la capacità produttiva. I quattro componenti di questa pratica sono i seguenti:

- Sequenza fissa: poiché alcune transizioni causano più perdite di altre, si dovrà fissare una sequenza fissa di produzione, in modo da massimizzare il numero di transizioni semplici e minimizzare il numero di quelle più complesse; si dovrà cercare, quindi, di organizzare i prodotti che condividono l'attrezzatura simile in modo che si susseguano, così che ogni transizione richieda piccoli cambiamenti; in questo modo il costo e il tempo perso dovuti agli attrezzaggi diminuiranno.

- Gestione delle scorte: la politica di gestione delle scorte adottata deve supportare la sequenza fissa, fornendo il materiale necessario per permettere al ciclo di produzione di procedere senza interruzioni.
- Volumi variabili: i prodotti sono ottenuti in volumi variabili, ma con una sequenza fissa, mentre nella produzione tradizionale i prodotti sono realizzati con un volume fissato ed una sequenza variabile.
- Miglioramento continuo: una volta fissata la sequenza le transizioni da gestire saranno meno e potranno essere eseguite in modo più efficiente; questo permette di ridurre anche la necessità di avere alti livelli di scorte.

Tenere una sequenza fissa potrebbe far pensare che venga penalizzata la flessibilità del sistema, ma quello che avviene in realtà è il contrario: semplificando le transizioni, infatti, aumenta la capacità disponibile e il portfolio di prodotti può essere realizzato più rapidamente; inoltre, la capacità liberata permette di rispondere prontamente anche ai cambiamenti del mercato. Nel fissare la sequenza, quindi, si dovranno prendere in considerazione le varie problematiche che si possono incontrare durante il cambio prodotto, per minimizzarle: ad esempio, il problema della contaminazione può essere ridotto mettendo in sequenza prodotti che siano sufficientemente compatibili, e quindi un eventuale miscelamento delle sostanze non comporti uno scarto del materiale; per ridurre le perdite dovute al cambiamento delle condizioni di reazione, invece, si possono mettere in sequenza prodotti che richiedono piccoli cambiamenti, così che il tempo richiesto per stabilizzare le nuove condizioni sia minore.

Infine, se in un impianto si lavora una famiglia di prodotti che richiede transizioni particolarmente complesse, oppure per cui non c'è una domanda sufficientemente prevedibile, si può creare una categoria speciale, così che l'intera famiglia possa essere tenuta fuori dal ciclo di produzione ordinario ed essere realizzata solo quando viene richiesta dal mercato.

In conclusione, per un'efficace eliminazione degli sprechi, l'applicazione della tecnica SMED negli impianti di trasformazione è molto importante, poiché permette di ridurre la complessità degli attrezzaggi dei macchinari, e di conseguenza anche le perdite di tempo e di materiale che ne derivano. A supporto della metodologia SMED, inoltre, è utile introdurre anche il sistema di

gestione FSVV, che permette di risolvere le problematiche tipiche degli stabilimenti di processo, ed ottenere così maggiori risultati rispetto a quelli che si otterrebbero con il sistema tradizionale di produzione.

### **3.4 – Le 5S**

Quella delle 5S, come già accennato nel primo capitolo, è una tecnica utilizzata per mantenere in ordine e pulito il posto di lavoro, ed è di supporto alla manutenzione autonoma, poiché guida l'operatore nel miglioramento dell'impianto, mettendo in evidenza i problemi.

#### **3.4.1 Il metodo**

La metodologia delle 5S è articolata in cinque fasi, che forniscono una guida per eseguire in modo corretto ed efficace i miglioramenti nello stabilimento:

1S. Seiri (Separare): la fase iniziale prevede di distinguere tra ciò che è necessario e ciò che è inutile all'interno del gemba; tutto quello che non serve potrà essere eliminato o ricollocato in un'altra area. Questa separazione si fa osservando la frequenza di utilizzo degli oggetti considerati:

- Se la frequenza è elevata e gli oggetti sono usati spesso, l'operatore dovrà collocarli in una zona vicina a quella di utilizzo, che sia visibile e facile da raggiungere;
- Se la frequenza è media, gli oggetti potranno essere collocati in prossimità del reparto o della linea;
- Se la frequenza è bassa, si dovrà valutare se collocare gli oggetti in un'altra area, o eliminarli.

In questa fase l'operatore può servirsi di cartellini colorati da assegnare ai vari oggetti, e quelli rossi indicano la bassa frequenza: prima di procedere all'eliminazione, dovrà essere dato il consenso da un superiore perché l'operatore non ha l'autonomia di prendere questo tipo di decisioni.

2S. Seiton (Sistemare): una volta rimossi gli oggetti inutili si ha maggiore spazio a disposizione. A questo punto si dovranno posizionare gli oggetti in base alle esigenze degli operatori e alla loro frequenza di utilizzo, così

che ogni cosa abbia una precisa collocazione e l'ambiente di lavoro sia più organizzato.

Si utilizzeranno anche in questo caso delle tecniche visive: linee colorate tracciate per terra, ad indicare dove deve essere posizionato il macchinario, o delle lavagne sulle quali sono disegnati i profili degli utensili, in modo che sia chiaro dove devono essere posizionati. Il processo risulterà anche più ergonomico, perché gli oggetti vengono collocati in modo che siano facilmente raggiungibili e comodi per l'operatore.

3S. Seiso (Splendere/pulire): la terza fase prevede una pulizia dell'ambiente di lavoro, che permette agli operatori di ispezionare l'impianto e rilevare eventuali problemi sul nascere. L'azione di pulizia, quindi, favorisce una manutenzione periodica dei macchinari e dell'attrezzatura, oltre a rendere l'ambiente un luogo in cui è più piacevole lavorare.

4S. Seiketsu (Standardizzare): una volta eseguite le prime tre fasi, è necessario che queste vengano ripetute ed entrino a far parte delle attività di routine degli operatori; solo in questo modo è possibile ottenere un continuo miglioramento. A questo proposito, è utile definire delle procedure da seguire e, soprattutto, dare la possibilità agli operatori di introdurre degli standard, in modo che ognuno abbia chiare le operazioni che deve svolgere. Ad esempio, è diffuso l'utilizzo di checklist, per controllare di aver eseguito tutte le attività.

5S. Shitsuke (Sostenere): l'ultima fase mira a mantenere i miglioramenti ottenuti, attraverso un continuo monitoraggio degli standard, una maggiore comunicazione e collaborazione tra gli operatori ed un'estensione delle 5S anche ad altre aree.

I vantaggi che è possibile ottenere implementando e sostenendo questa metodologia sono molteplici: un ambiente di lavoro più pulito, sicuro e piacevole; una riduzione del tempo perso a cercare gli utensili e un migliore utilizzo dello spazio. Inoltre, le 5S favoriscono una gestione a vista dell'azienda, in quanto le anomalie all'interno dell'impianto non sono più nascoste, ma vengono messe in evidenza e, pertanto, è possibile risolverle nell'immediato.

### **3.4.2 Le 5S nell'azienda di processo**

I miglioramenti che si ottengono con l'applicazione delle 5S sono rilevabili anche nelle aziende di processo dove, peraltro, i guasti e i fermi macchina impattano molto pesantemente sulla produttività. Pertanto, eseguire in modo continuo e accurato la pulizia delle attrezzature si traduce in un'ispezione dell'impianto e in una risoluzione immediata delle anomalie, che hanno lo scopo di prevenire i guasti.

Assegnare ad ogni oggetto la sua posizione e adottare degli standard per mantenere l'ordine, inoltre, porta ad una riduzione dello spreco di movimentazioni, che nelle aziende di processo può essere significativo, a causa delle grandi dimensioni degli stabilimenti. Se l'operatore ha chiaro dove è collocato ciò che gli serve, diminuirà anche il tempo sprecato nel ricercare gli strumenti, favorendo così una riduzione dei tempi di setup.

Le 5S, però, non sono importanti solo per le performance dell'impianto, ma anche per migliorare il morale degli operatori, che risultano essere più responsabilizzati e motivati a dare il loro personale contributo nel processo di miglioramento; inoltre, l'ambiente di lavoro diventa più sicuro, perché attraverso l'utilizzo di opportuni strumenti visivi è possibile segnalare le aree in cui è richiesto l'uso di indumenti protettivi: questo è molto importante per gli stabilimenti di trasformazione, dove capita spesso di dover lavorare materiali pericolosi.

Il limite principale nell'adozione di questa tecnica deriva dalle grandi dimensioni degli stabilimenti, che non permettono un'efficace gestione a vista dell'impianto: gli strumenti visivi come i cartellini, che indicano lo stato dell'attrezzatura, o le linee tracciate sul pavimento, che indicano dove posizionare i recipienti o altri oggetti, possono essere difficilmente individuabili; questo rende impossibile l'identificazione immediata di alcuni problemi, come l'accumulo di scorte di semilavorato o la difettosità del materiale. Nonostante ciò, le 5S consentono di introdurre molteplici vantaggi in azienda, ma perché questi siano effettivi è fondamentale che le misure e gli standard adottati vengano mantenuti nel tempo ed evolvano con il modificarsi delle situazioni: il successo del metodo, quindi,

dipende principalmente dalla conoscenza dell'impianto da parte degli operatori e dalla loro capacità di apportare migliorie in modo autonomo.

## **3.5 – Kaizen**

Il termine kaizen è nato in Toyota per descrivere uno dei principi chiave della filosofia lean, ossia quello del miglioramento continuo, che spinge l'azienda alla ricerca della perfezione.

Il kaizen trae origine dal proverbio giapponese: "Se non si vede un uomo per tre giorni, i suoi amici dovrebbero guardarlo attentamente per scoprire quali cambiamenti si sono verificati"; con questo detto si vuole trasmettere l'idea che tutto, per quanto poco, cambia in ogni istante. Tradotto in termini aziendali, il kaizen presuppone che, attraverso dei piccoli miglioramenti eseguiti quotidianamente, sia possibile ottenere dei cambiamenti importanti nel tempo.

### **3.5.1 Introduzione al kaizen**

Nella filosofia lean ci sono tre diversi livelli di miglioramento, a seconda dell'orizzonte temporale che questi coprono e dell'impatto che hanno sul sistema organizzativo:

- Kaizen: punta al miglioramento della situazione attuale attraverso l'implementazione di piccoli cambiamenti ed ha orizzonte temporale di breve termine;
- Kaikaku: fa riferimento ai cambiamenti sostanziali, che hanno un orizzonte temporale di medio termine;
- Kakushin: questo miglioramento porta a delle vere e proprie innovazioni nel sistema, tali da creare nuovi business, e ha orizzonte temporale di lungo termine.

Le ultime due tipologie sono gestite dai piani superiori dell'organizzazione, in quanto richiedono elevate risorse per essere implementate, e hanno un impatto significativo a livello strategico; il kaizen, invece, prevede un coinvolgimento di tutte le persone all'interno dell'azienda, che hanno la possibilità di apportare dei piccoli miglioramenti giornalmente, accedendo ad un numero limitato di risorse. Questi cambiamenti, infatti, non richiedono elevati investimenti o l'acquisto di

nuove attrezzature, quanto piuttosto una ottimizzazione della situazione attuale, sfruttando i mezzi a disposizione.

È tramite il kaizen che si sviluppa uno dei concetti chiave della filosofia lean, ossia quello del continuo miglioramento e della ricerca della perfezione.

La logica che sta alla base di questo concetto è legata al ciclo di Deming, o ciclo PDCA, che prevede il susseguirsi di quattro operazioni:

- Plan: definire come risolvere un problema e il piano di miglioramento da seguire;
- Do: eseguire delle simulazioni;
- Check: controllare se il piano di miglioramento porta effettivamente ai risultati desiderati;
- Act: se il piano è efficace si procede con la standardizzazione, altrimenti si cercano altre idee e il ciclo ricomincia.

Uno strumento di problem-solving sviluppato in Toyota a supporto del miglioramento continuo, è quello dell'A3; si tratta di un foglio A3, nel quale vengono definiti la visione strategica e i cambiamenti che si vogliono apportare all'interno dell'azienda. L'approccio si basa sul ciclo PDCA, per cui si dovranno evidenziare il problema, le azioni di miglioramento proposte, le implicazioni per il business e gli obiettivi che si vogliono ottenere con il progetto di miglioramento. Il tutto è contenuto all'interno di un foglio, pertanto il report dovrà essere breve e sintetico, così che sia facilmente leggibile da chiunque.

Il kaizen può essere gestito a diversi livelli: attraverso attività giornaliere di miglioramento, oppure attraverso cantieri kaizen per risolvere problemi più complessi.

### **3.5.2 Kaizen giornaliero**

L'attività di kaizen giornaliero è utile per la risoluzione di problemi di piccola entità e per sostenere i miglioramenti implementati. Il miglioramento entra a far parte del lavoro di tutte le persone all'interno dell'azienda, che hanno la possibilità di offrire il loro personale contributo nel mantenere il successo aziendale. Esempi di attività giornaliere di questo tipo possono essere la gestione del flusso, il monitoraggio dei KPI, la definizione di nuovi standard e l'individuazione di problemi che causano ritardi nella produzione.

Si esegue quindi una riunione giornaliera, che deve durare meno di mezz'ora, alla quale partecipano tutte le persone interessate (operatori, manager, ma anche addetti alla logistica e alla manutenzione, e altre persone delle aree di supporto): durante questo incontro si discute riguardo ai problemi riscontrati nello stabilimento, definendo anche chi dovrà cercare di risolverli ed entro quale data. Queste riunioni, solitamente, avvengono in un'area denominata Obeya Room, e vengono condotte in modo rapido, infatti le persone restano in piedi e non si siedono.

L'Obeya Room è stata utilizzata per la prima volta in Toyota, durante la progettazione della Prius, e in seguito è stata adottata anche per tutti gli altri modelli di veicoli; consiste in un'area posizionata il più vicino possibile al gemba, creata con l'obiettivo di favorire una comunicazione rapida e tempestiva. Sulle pareti della stanza sono appesi diagrammi e grafici, che hanno la funzione di fornire in modo immediato, a chi li osserva, informazioni riguardo l'andamento dei KPI, le performance sulla qualità, lo stato di ogni area e l'avanzamento del progresso. In questo modo, se si rilevano dei valori inattesi, le persone delle diverse aree possono collaborare per individuare il problema e cercare di risolverlo.

### **3.5.3 Cantieri kaizen**

I cantieri (o eventi) kaizen sono attività di miglioramento altamente strutturate che prevedono l'impiego di un team multifunzionale focalizzato sulla risoluzione di un problema. Questi eventi, a differenza del kaizen giornaliero, vengono condotti con una frequenza minore, per la risoluzione di problemi più complessi, come l'aumento delle lamentele da parte dei clienti, o un'ispezione sbagliata. La durata di queste attività è di circa cinque giorni, durante i quali si dovrà identificare l'area in cui condurre il miglioramento e definire gli obiettivi che si vogliono raggiungere: perché il cantiere abbia successo, già al termine dei cinque giorni si dovranno vedere dei cambiamenti rispetto alla situazione iniziale.

Prima di avviare il cantiere si deve innanzitutto formare il team: si deve, quindi, identificare il leader, cioè una persona che ha già partecipato ad almeno un evento kaizen e sia in grado di gestirlo, e si devono definire anche gli altri componenti del team, scelti in base alle competenze richieste per la risoluzione

del problema. Il team solitamente è composto da circa otto persone, e per una buona riuscita dell'evento è necessaria una gestione delle relazioni interpersonali e dei conflitti che possono sorgere. Inoltre, prima di avviare il cantiere, è necessario raccogliere tutti i dati importanti sulla situazione attuale, predisporre il materiale e il luogo d'incontro del gruppo e definire un piano dettagliato che descriva come si svolgerà l'evento, quali attività devono essere eseguite durante la settimana e quali sono gli obiettivi prefissati.

Il primo giorno sarà incentrato sull'addestramento del team, in modo che tutti, anche coloro non hanno mai partecipato ad un evento kaizen, sappiano come si svolgerà la settimana e cosa dovranno fare; i giorni successivi, invece, a inizio e fine di ogni giornata verranno condotte delle brevi riunioni per riassumere i progressi ottenuti, mentre nel tempo restante il team dovrà collaborare per individuare le cause del problema e le possibili soluzioni; infine, nell'ultimo giorno si svolgerà una riunione finale dove si dovrà presentare il lavoro realizzato e i risultati raggiunti.

Al termine di ogni evento kaizen è importante standardizzare le attività di miglioramento e monitorare periodicamente i risultati: nella filosofia lean, gli standard rappresentano il modo migliore di eseguire il lavoro alle condizioni attuali; pertanto, modificare lo standard nel tempo sta ad indicare un miglioramento delle attività.

Gli eventi kaizen possono essere condotti per eliminare gli sprechi rilevati con la VSM; ad esempio, un obiettivo può essere la riduzione degli spazi occupati in un'area dello stabilimento, perseguibile attraverso l'introduzione delle 5S, oppure la riduzione dei tempi di setup di un macchinario, ottenibile con la tecnica SMED. Nel corso dei cinque giorni, infine, tutto deve essere documentato, così che resti traccia di quanto fatto e delle proposte di miglioramento.

### **3.5.4 Kaizen nell'azienda di processo**

Nelle aziende di processo, condurre un evento kaizen può richiedere qualche sforzo in più rispetto alle aziende di assemblaggio, a causa della complessità degli impianti:

- Innanzitutto, la raccolta dei dati e la pianificazione che precedono l'avvio del cantiere possono richiedere più tempo per essere eseguite; infatti, i

materiali contenuti in vasche o forni e le scorte collocate in aree di immagazzinaggio poco visibili, rendono complessa l'operazione di raccolta dei dati, che tradizionalmente avviene camminando nel gemba e seguendo il flusso fisico del materiale.

- I team possono arrivare ad essere composti anche da sedici persone, in quanto le problematiche trattate richiedono maggiori competenze; ne consegue che, in team di tali dimensioni, sarà più complesso gestire le dinamiche interpersonali in modo da evitare conflitti tra i componenti e favorire una collaborazione tra le diverse figure aziendali coinvolte.

Ad esempio, se in un processo alimentare si avviasse un evento kaizen per riuscire a ridurre i tempi di setup di una macchina, applicare la tecnica SMED non comporta solo delle modifiche meccaniche nell'impianto, ma anche risolvere i problemi di pulizia e decontaminazione necessari per passare dal lavorare un prodotto ad un altro. Il team, pertanto, dovrà essere composto da diverse figure, tra cui operatori che lavorano nell'impianto, tecnici che misurano i parametri di processo e tecnici di laboratorio che eseguono i test.

Per quanto riguarda le attività di miglioramento giornaliero, invece, il fatto che gli impianti di trasformazione possano funzionare per lunghi periodi, senza alcun intervento da parte degli operatori, dà loro modo di concentrarsi sulla risoluzione di problemi di piccola entità e sull'introduzione di cambiamenti. Spesso, infatti, uno dei principali ostacoli al miglioramento autonomo, è la mancanza di tempo a disposizione degli operatori: a causa di questo, il rischio è che l'introduzione di nuovi standard da adottare e le modifiche da eseguire siano visti come un ulteriore lavoro da svolgere e non siano accolti in modo positivo; i miglioramenti così ottenuti, quindi, vengono persi.

### **3.6 – SPC e Sei Sigma**

A supporto del miglioramento esistono anche altre tecniche, che affondano le loro radici nella statistica e che vengono sempre più spesso adottate negli ambienti lean, sebbene si siano sviluppate in America; queste sono il controllo statistico di processo (SPC) e il Sei sigma, che consentono di tenere sotto controllo e ottimizzare le performance dei processi.

### 3.6.1 Introduzione all'SPC e al Sei Sigma

Per un efficace controllo delle performance del processo molte aziende adottano il controllo statistico (SPC), grazie al quale è possibile osservare le variazioni che subisce il processo e che si traducono in produzione di materiale fuori specifica. In questo modo, qualora si verificano delle anomalie, è possibile intervenire subito bloccando il processo e individuando le cause del problema.

Ogni processo, per quanto sia ben progettato, è sempre soggetto ad una certa variabilità naturale derivante da dei fattori casuali non eliminabili; il problema si pone quando la variabilità è causata da dei fattori specifici, che devono essere risolti il prima possibile. Questi fattori, infatti, portano ad una variazione anomala del processo e possono essere, ad esempio, guasti del macchinario, difettosità delle materie prime o errori umani.

Lo strumento più utilizzato per controllare il processo è quello della carta di controllo; in Fig. 3.6 è illustrato il modello di Shewart, uno tra i più diffusi, che è costituito da un grafico dove viene mostrato l'andamento di un parametro con l'avanzare del tempo.

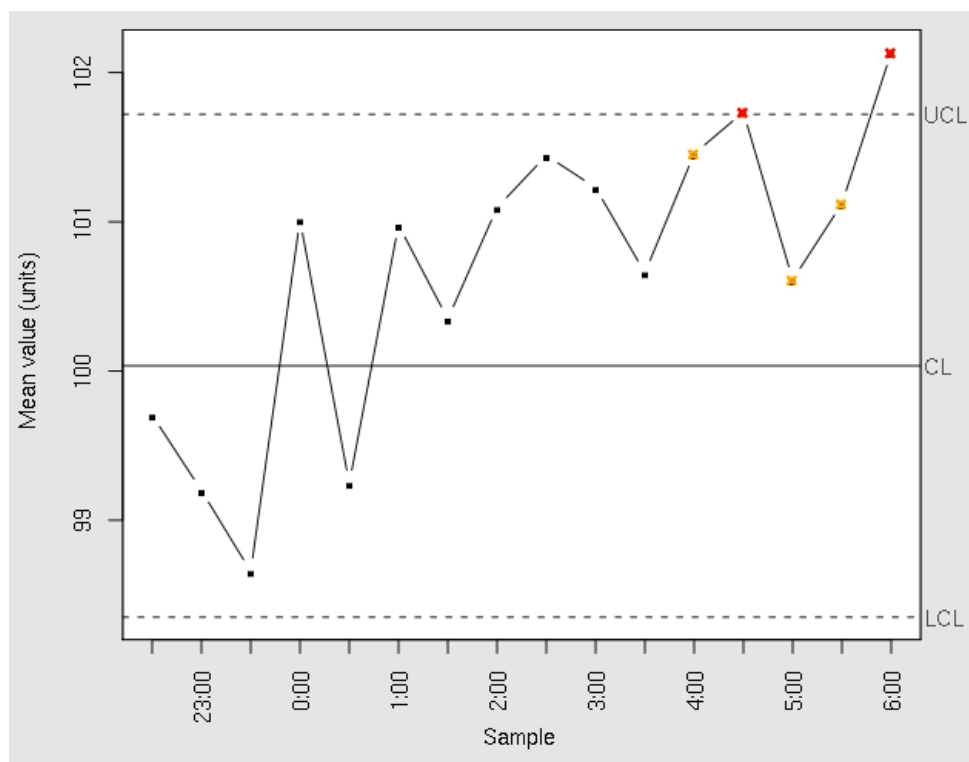


Fig. 3.6 Esempio di carta di controllo  
Fonte: [https://it.wikipedia.org/wiki/Carta\\_di\\_controllo](https://it.wikipedia.org/wiki/Carta_di_controllo)

Nel grafico, i punti riportati rappresentano le medie delle misurazioni fatte durante la produzione; la linea al centro, invece, rappresenta il valore attorno al quale le misurazioni dovrebbero trovarsi se nel processo fosse presente solo una variabilità naturale. Tramite questa carta si vuole individuare la presenza dei fattori specifici che causano una variabilità sistematica del processo; per tale motivo, vengono riportati anche due limiti, l'Upper Control Limit (UCL) e il Lower Control Limit (LCL), che sono calcolati tramite delle considerazioni statistiche: se nel processo di produzione interviene una variabilità sistematica, questa è rilevabile perché sono presenti dei punti al di fuori dall'intervallo e il processo viene detto "fuori controllo". Se, al contrario, intervengono solo fattori casuali, quindi piccole cause inevitabili ed ineliminabili, il processo è "sotto controllo".

In realtà, anche se i valori ricadono all'interno dei limiti, il processo potrebbe comunque essere fuori controllo; ad esempio, se i punti iniziano a seguire un trend crescente o decrescente, se si posizionano vicino ai limiti o, ancora, se iniziano a posizionarsi tutti al di sotto (o al di sopra) della linea mediana, significa che sta intervenendo qualche fattore speciale che deve essere rimosso. La carta di controllo permette quindi di realizzare un miglioramento strutturato e diffuso del processo, eseguendo un continuo confronto in tempo reale tra la performance attesa e quella attuale, così da intervenire non appena si verifica un problema per ridurre l'impatto che ha sulla produzione. Questo strumento, tuttavia, non tiene conto delle specifiche a cui il processo deve attenersi, e pertanto, non permette di comprendere la reale capacità del processo; a tale scopo è utile introdurre l'indice di capacità del processo ( $C_p$ ):

$$C_p = \frac{LSS - LIS}{6\sigma}$$

Dove LSS e LIS sono rispettivamente i limiti superiore e inferiore di specifica;  $6\sigma$ , invece, deriva dal fatto che i valori in esame tendono ad assumere una distribuzione normale, dove il 99,73% degli elementi è compreso all'interno dell'intervallo  $\mu \pm 3\sigma$  ed è considerato come la normale variabilità statistica del processo (Fig 3.7).

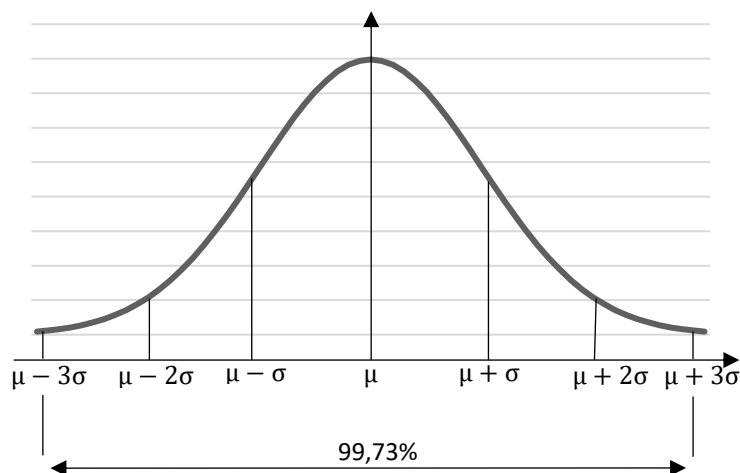


Fig. 3. 7 Distribuzione normale

Se con il controllo statistico è possibile mantenere le performance di processo, per ottenere un incremento significativo della qualità e una riduzione degli sprechi è utile introdurre la metodologia Sei Sigma, che pone come obiettivo quello di avere sei deviazioni standard tra i limiti di specifica e il centro. Quello del  $6\sigma$  è un approccio che mira a perseguire l'eccellenza, in linea con il miglioramento continuo: l'obiettivo, infatti, è riuscire a raggiungere un controllo del processo tale da produrre solo 3,4 parti difettose per milione.

Il metodo Sei Sigma viene applicato seguendo il ciclo DMAIC, che si esplica nei seguenti passi:

- Define: il primo passo prevede l'identificazione del processo da migliorare, l'attribuzione dei ruoli ad ogni partecipante al processo ed uno sviluppo accurato del piano di lavoro.
- Measure: in questa fase si identifica un KPI, cioè un indicatore chiave misurabile e che sia collegato agli obiettivi del progetto; si misura, quindi, il KPI dello stato attuale e si definisce il KPO, cioè l'obiettivo del progetto di miglioramento.
- Analyze: si analizzano le cause del problema, ricorrendo a tecniche di brainstorming, diagrammi di Ishikawa, Cinque Perché, o strumenti statistici come ANOVA e la regressione.
- Improve: lo scopo in questa fase è quello di identificare, testare e infine implementare una soluzione per risolvere le cause radice del problema.

- Control: l'ultimo passaggio prevede la creazione di procedure standard per il monitoraggio e il mantenimento dei risultati ottenuti e la creazione della documentazione del progetto; le carte di controllo possono essere un utile strumento per stabilizzare i miglioramenti.

L'approccio del Sei Sigma non è proprio della filosofia lean, ma è stato sviluppato intorno agli anni Ottanta in Motorola con lo scopo di eliminare i difetti, per soddisfare completamente i clienti e superare le loro richieste. Negli ultimi anni, tuttavia, si sta iniziando a diffondere una metodologia che mira a combinare i concetti base del Sei Sigma con la gestione snella: si parla di "Lean Six Sigma".

Il Lean Six Sigma permette, da un lato di migliorare la qualità di prodotti e servizi azzerando i difetti, dall'altro di eliminare gli sprechi grazie al continuo miglioramento; oltre alle tecniche lean, quindi, si adottano anche strumenti statistici, che permettono di risolvere problemi più complessi e di eseguire progetti per un miglioramento radicale della situazione attuale.

### **3.6.2 SPC e Sei Sigma nell'azienda di processo**

Adattare il metodo statistico e il Sei Sigma alle aziende di processo non è complesso; inoltre, poiché i processi di trasformazione hanno particolari problemi di stabilità e affidabilità, da questa applicazione è possibile ottenere maggiori benefici rispetto alle aziende manifatturiere per parti.

Un controllo statistico condotto in modo corretto garantisce una riduzione dei difetti e degli scarti, un incremento della qualità, una rapida individuazione dei problemi e delle cause e una riduzione degli impatti che un errore potrebbe provocare nel processo: tutto questo è in linea con la filosofia del miglioramento continuo, e favorisce anche un maggiore coinvolgimento degli operatori e dei team.

Definiti quindi i limiti di controllo e i limiti di specifica entro cui dovrebbero trovarsi le misurazioni affinché il processo sia sotto controllo e capace di realizzare il prodotto di buona qualità, è possibile rilevare periodicamente dei campioni del materiale lavorato per analizzarli e valutare la situazione. L'individuazione dei fattori specifici è più faticosa, a causa della complessità del

processo e dell'impianto, ma tramite le carte di controllo l'operatore può capire quando si verifica l'anomalia, facilitandone la ricerca.

Migliorare la stabilità del processo porta anche ad un minore spreco di materiale, non solo perché si riducono i difetti, e quindi gli scarti, ma anche perché si può ridurre il consumo di materia prima. Questo è quanto avvenuto in General Motors nella realizzazione dei pannelli di sicurezza, che sono rivestiti utilizzando fogli di vinile formati sottovuoto. Nel progetto originale, il foglio prima della formatura doveva avere uno spessore di 0,04 pollici, con una tolleranza ammessa del 10%: lo scopo di questa specifica era quello di adattare l'allungamento e l'assottigliamento, che si verificano durante la formatura, alla forma del cruscotto. Partendo da uno spessore target iniziale di 0,04 pollici si pensava di riuscire ad assicurare uno spessore finale di 0,02; tuttavia, il processo era soggetto ad una certa variabilità, per cui la qualità finale del prodotto non sempre rispettava le specifiche imposte. Fu quindi istituito un team di miglioramento, che aveva il compito di analizzare il processo e ridurre la variabilità: si è visto che nella fase di riscaldamento precedente alla formatura, le porzioni relativamente più spesse del foglio si scaldavano più lentamente e quindi uscivano dal forno ad una temperatura più bassa rispetto alle porzioni più sottili; di conseguenza, durante l'operazione di formatura, le parti più spesse e fredde erano naturalmente meno elastiche. Attraverso diverse interazioni il team è riuscito a ridurre la variazione di spessore a meno di 0,001 pollici, garantendo uno spessore finale uniforme. Questa nuova stabilità di processo ha permesso di diminuire lo spessore target di partenza prima della formatura da 0,04 a 0,03 pollici, consentendo di ottenere una riduzione di consumo del materiale pari al 25%.

Uno dei principali rischi da evitare durante l'applicazione di questi metodi statistici è quello derivante da un eccessivo miglioramento del processo; spesso, infatti, nonostante il processo incontri le aspettative dei clienti, il team può cercare di eseguire altri interventi con lo scopo di migliorarlo ulteriormente, ma questa operazione ha due effetti negativi: innanzitutto, si corre il rischio di introdurre dei fattori speciali che causano una variazione nelle performance del processo; inoltre, il team non ha modo di concentrarsi su altri processi più

inefficienti. È importante, quindi, che le persone coinvolte acquisiscano un'approfondita conoscenza del processo e degli obiettivi che si vogliono raggiungere.

L'implementazione dell'SPC e del Sei Sigma in un'azienda di trasformazione che adotta la gestione snella, pertanto, può essere utile sia per sostenere il miglioramento continuo, che per la risoluzione di problematiche più complesse, che richiedono l'ausilio della statistica: eliminare la variabilità causata da fattori speciali può così ridurre la probabilità di contaminazione, le rilavorazioni e lo scarto di materiale, permettendo all'impresa di guadagnare un vantaggio significativo rispetto alla concorrenza.

# Capitolo 4

## Tecniche alternative

Il quarto e ultimo capitolo di questa tesi si focalizza sulle tecniche di gestione snella che richiedono un approccio alternativo a quello tradizionale per poter essere adottate in modo efficace dalle aziende di processo. In particolare, prendendo come riferimento la House of Lean descritta nel primo capitolo, i tre strumenti fino ad ora trascurati e che verranno affrontati di seguito sono la produzione a celle, il sistema di approvvigionamento pull e l'heijunka; si noterà, infatti, che la loro adozione nei processi di trasformazione risulta ostacolata da alcune problematiche tipiche di questo contesto, e non risolvibili con i tradizionali approcci lean.

### **4.1 – Produzione a celle**

Con lo scopo di realizzare un flusso continuo e ridurre gli sprechi, un'altra soluzione introdotta con la gestione snella è quella di sostituire il layout per reparti, tradizionalmente adottato in Occidente, con un layout a celle. Nonostante questa tecnica sia fondamentale nella filosofia lean, la sua adozione è stata spesso trascurata dalle aziende di processo, a causa delle difficoltà tipiche di questo contesto; in realtà, in molti hanno dimostrato che, se opportunamente formulato, il concetto di produzione a celle non solo è applicabile agli stabilimenti di trasformazione, ma porta anche significativi miglioramenti.

#### **4.1.1 Layout per reparti e layout a celle**

Tradizionalmente, gli stabilimenti produttivi in Occidente erano caratterizzati da un layout per reparti; questa configurazione prevede una suddivisione dei macchinari con le stesse funzionalità in reparti dedicati ad un particolare tipo di lavorazione. In questo modo, ogni reparto può essere supervisionato da una persona specializzata in quel lavoro, che guida e forma gli operai. Questo layout,

tuttavia, va contro i principi della filosofia lean, per diversi motivi: innanzitutto, il fatto che il materiale debba essere continuamente spostato da un reparto all'altro porta ad un elevato spreco di movimentazioni; con l'intenzione di risolvere questo problema, la tendenza è quella di aumentare le dimensioni dei lotti, con un conseguente aumento delle scorte; inoltre, se tra i reparti non c'è un'ottima coordinazione, si avrà un accumulo di materiale fermo davanti al reparto, in attesa di essere lavorato.

In un layout a celle, invece, queste inefficienze vengono risolte raggruppando in unità di lavoro i macchinari necessari a lavorare una certa famiglia di prodotti. Il materiale, quindi, nel passare da una stazione alla successiva, deve percorrere meno spazio, e questo permette di ridurre le dimensioni dei lotti e il tempo di attraversamento; inoltre, gli operatori all'interno di una cella collaborano tra di loro e hanno una migliore visione del flusso, per cui le eventuali anomalie saranno rilevate e risolte più rapidamente, garantendo una migliore qualità finale del prodotto e una riduzione dei tempi di attesa e delle code.

In Fig. 4.1 è illustrata una schematizzazione delle due configurazioni descritte. Si osserva che il flusso del materiale in una configurazione per reparti non è semplice e lineare come quello di una configurazione a celle; pertanto, la schedulazione della produzione presenterà maggiori difficoltà, dovendo gestire diverse operazioni e ottimizzare l'impiego dei macchinari.

Nella progettazione di un layout a celle si possono individuare due fasi fondamentali:

- La definizione dei prodotti: attraverso la tecnica chiamata Group Technology è possibile individuare le parti che hanno lo stesso ciclo di lavoro e caratteristiche tecnologicamente simili, così da poter raggruppare i macchinari in celle destinate a produrre diversi prodotti.
- Progettazione fisica della cella: si tratta di definire le caratteristiche di ciascuna cella per quanto riguarda il numero di addetti, le dimensioni dei lotti, le postazioni di lavoro, le attrezzature e la disposizione delle stazioni di lavoro. La forma più diffusa per le celle è quella a U, in quanto consente agli operatori di avere una migliore visione del flusso, e un utilizzo più efficiente degli spazi.

Nonostante i vantaggi ottenibili con l'introduzione delle celle, in fase di progettazione si possono comunque presentare diverse complessità; in particolare, per quanto riguarda il riposizionamento dei macchinari di grandi dimensioni all'interno dello stabilimento e le attrezzature che dovrebbero essere presenti in più di una cella contemporaneamente.

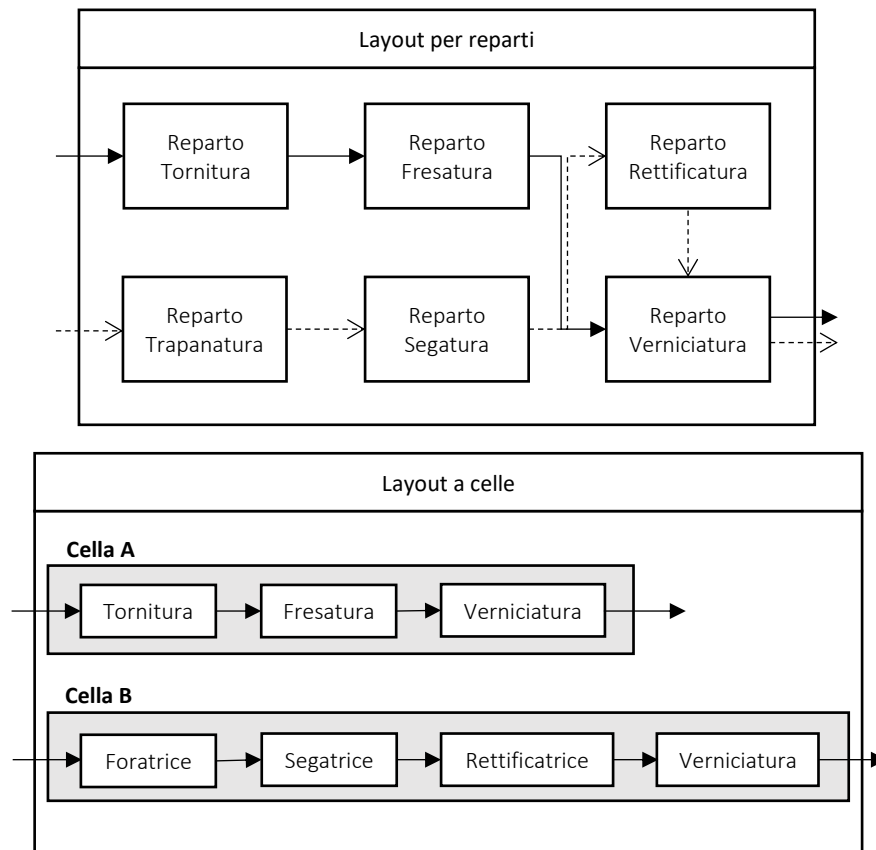


Fig. 4. 1 Schemi layout

Fonte: <https://digilander.libero.it/programmazioneproduzione/sdp%20.htm>

#### 4.1.2 Layout a celle nell'azienda di processo

Studiando la Value Stream Map, quando si nota la presenza di macchine in parallelo all'interno dell'impianto, significa che il processo è un possibile candidato per la configurazione a celle.

Nelle industrie di trasformazione, non è raro avere degli step di processo chiave e macchine simili in parallelo, tali per cui il materiale può essere processato da una qualsiasi di esse.

Considerato l'elevato mix produttivo solitamente trattato, l'ideale sarebbe ricorrere all'utilizzo di piccoli macchinari, per avere una maggiore flessibilità. Le economie di scala, tuttavia, spingono le aziende ad acquistare macchinari di grandi dimensioni, così da ottimizzare i costi del capitale.

Un esempio di flusso del materiale tipico che si ottiene è schematizzato in Fig. 4.2.

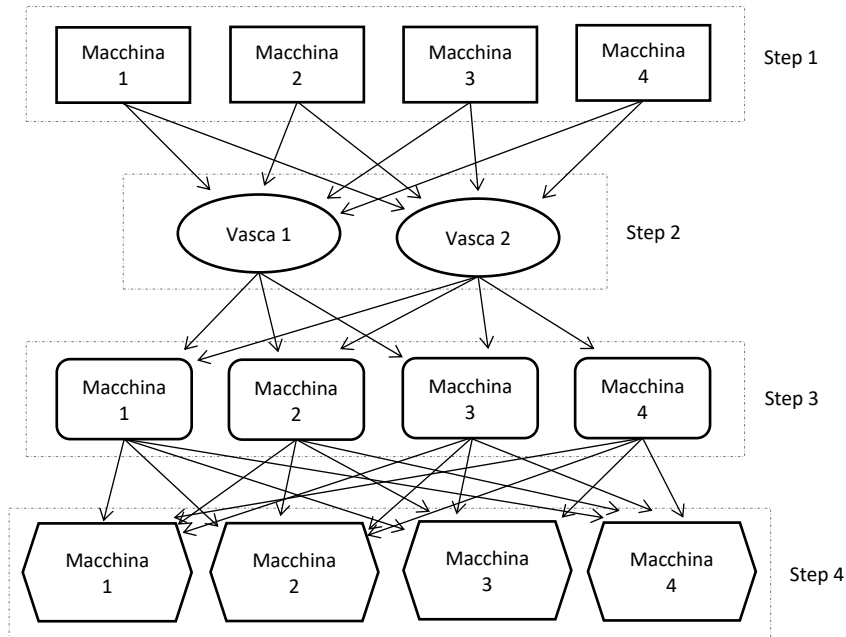


Fig. 4. 2 Schema flusso di materiale  
 Fonte: "Value stream mapping for the process industries", King P. L., King J. S.

Da questa figura si osserva che il materiale può seguire diversi percorsi alternativi, andando ad ottimizzare la flessibilità di sistema, ma rendendo molto più complessa la gestione dell'impianto e del flusso: infatti, in questa semplice configurazione ci sono 128 combinazioni possibili di percorsi da seguire, e questo si traduce in un'elevata varietà di processo; pertanto, se il prodotto finito dovesse essere difettoso, per rilevarne la causa si dovrebbe fermare e analizzare l'intero impianto, penalizzando la produttività e causando ritardi; inoltre, il materiale non fluisce direttamente da una fase alla successiva, ma viene immagazzinato come scorta intermedia. Queste inefficienze portano ad un peggioramento del livello qualitativo per due motivi: dato il significativo lasso di tempo che intercorre tra ogni step, se si rileva un difetto tutto il materiale prodotto in quell'intervallo è sospetto, e deve pertanto essere analizzato; inoltre,

a causa dei numerosi percorsi alternativi, quando una parte dell'impianto ha un problema non c'è urgenza di sistemarla, e questo porta ad un peggioramento delle performance nel tempo.

Implementare un layout di produzione a celle in un'azienda significa riorganizzare e spostare fisicamente i macchinari e le attrezzature all'interno dello stabilimento, in modo che siano raggruppati in celle. Tuttavia, diversi autori, tra cui Richard Schonberger nel suo libro "Word Class Manufacturing" (1996) e Fawaz Abdullah nella sua tesi "Lean manufacturing in process industry with a focus on steel" (2003), hanno evidenziato che una riconfigurazione del layout in un'industria di processo spesso non è realizzabile. Questo perché le macchine e le attrezzature presenti sono di grandi dimensioni, pesanti e possono essere collegate a sistemi di tubatura, per cui non è possibile pensare di spostarle. In realtà, è stato realizzato che i vantaggi ottenibili dalla produzione a celle possono essere ottenuti senza spostare niente, ma studiando soltanto il flusso, piuttosto che le funzioni: è nato così il concetto di celle virtuali.

### **4.1.3 Celle virtuali**

Quando si parla di celle virtuali non si fa riferimento al layout fisico dello stabilimento, quanto piuttosto al percorso del flusso del materiale.

Nella progettazione del flusso a celle, si inizia raggruppando tutti i materiali o le parti in famiglie che hanno caratteristiche di processo simili; si identifica poi l'attrezzatura richiesta da ogni famiglia: a questo punto, anziché creare una cella riorganizzando l'impianto, si crea una cella virtuale, definendo un modello di flusso da seguire.

Riprendendo l'esempio di Fig. 4.2, applicando questo metodo il flusso del materiale diventa come quello mostrato in Fig. 4.3.

Dalla nuova configurazione di flusso che si ottiene, il primo vantaggio è quello di avere un percorso molto più ordinato e semplice da gestire; il flusso, quindi, diventa continuo, in modo che non ci siano più accumuli di scorte tra uno step e il successivo. Un ulteriore aspetto positivo riguarda il miglioramento della qualità, ottenuto grazie alla minore variabilità di processo: il numero totale di combinazioni di percorso possibile, infatti, si riduce significativamente, e

quando si verifica un problema è molto più semplice individuarne la causa. Infine, avendo raggruppato le tipologie di prodotti con caratteristiche simili in famiglie, ciascuna parte dell'impianto può dedicarsi a pochi tipi di prodotto, semplificando così gli attrezzaggi, che diventano più rapidi e meno costosi, e consentendo di ottenere anche una riduzione del tempo di attraversamento. Nel caso in cui si avessero meno risorse a disposizione rispetto al numero di celle realizzate, si può introdurre una possibile condivisione, come avviene nello step 2 dell'esempio.

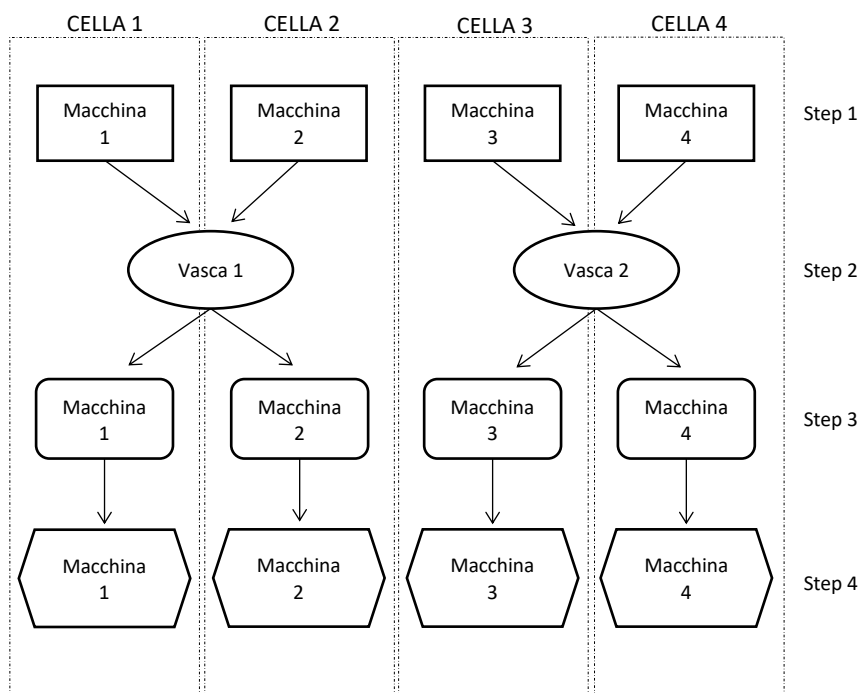


Fig. 4. 3 Implementazione celle virtuali  
 Fonte: "Value stream mapping for the process industries", King P. L., King J. S.

Peter King, presidente di un'azienda di consulenza, nel suo libro "Lean Thinking per le aziende di processo" (2009), propone il caso studio di implementazione delle celle virtuali in una fabbrica che produce gomma sintetica. Prima del cambiamento, lo stabilimento era organizzato per reparti ed il processo era costituito da diverse inefficienze: innanzitutto, la scarsa coordinazione tra le diverse aree era la principale causa delle lunghe attese dei lotti e dell'accumulo di scorte di semilavorati; inoltre, il percorso seguito dal materiale era confuso, e le transizioni da una famiglia all'altra erano complesse. È stato possibile risolvere questi problemi creando una cella virtuale per ogni famiglia di prodotto; questo ha richiesto anche una modifica della struttura organizzativa, in quanto la figura

del supervisore di reparto è stata sostituita da un manager che aveva il compito di gestire il flusso di ogni cella. L'azienda, in seguito a questo cambiamento, è riuscita ad ottenere diversi benefici, tra cui: una riduzione dello scarto di materiale, una minore variabilità di processo, un aumento della capacità utilizzabile e una riduzione del tempo di attraversamento.

In conclusione, sebbene l'applicazione della configurazione a celle in un'azienda di trasformazione presenti diversi limiti, gli stessi benefici sono comunque ottenibili con una tecnica alternativa, che prevede di ragionare sul flusso, piuttosto che sulle funzioni.

## **4.2 – Sistema Pull**

I sistemi pull sono utilizzabili dalle aziende di processo senza particolari problemi, e danno gli stessi benefici ottenibili dalle aziende di assemblaggio. Per massimizzare i benefici, però, è utile introdurre dei nuovi strumenti, che si adattano maggiormente alle caratteristiche dei processi di trasformazione.

### **4.2.1 Sistemi di approvvigionamento**

I sistemi di approvvigionamento possono essere suddivisi in due categorie, sulla base di come l'azienda risponde al mercato:

- Il sistema push prevede una produzione che anticipa i fabbisogni dei clienti, in quanto si basa sulle previsioni di vendita. Questo modo di operare è tipico delle aziende occidentali ed è naturalmente incompatibile con la gestione snella, in quanto comporta un accumulo di scorte e, se le previsioni non sono corrette, il rischio di produrre in eccesso o di non riuscire a soddisfare la domanda.
- Il sistema pull, invece, "tira" la produzione, nel senso che il materiale viene prodotto per rimpiazzare quello consumato o quello per cui è già stato fatto un ordine. La produzione, quindi, è sincronizzata con la domanda dei clienti e risulta essere regolata dai processi a valle della catena.

Adottare una logica pull, secondo Ohno, è fondamentale per riuscire ad implementare in modo efficace in azienda uno dei pilastri della lean, ossia il just in time. In ottica just in time, infatti, si deve produrre solo ciò che è richiesto dal cliente, quando richiesto e nella giusta quantità; quindi, qualsiasi tipologia di

scorta, sia di semilavorato che di prodotto finito, è considerata uno spreco che deve essere eliminato. Questo concetto prende origine dai supermercati, in cui gli scaffali vengono continuamente riempiti dagli operatori, in modo che i clienti possano trovare sempre ciò di cui necessitano. Analogamente, in uno stabilimento la produzione viene regolata dalle fasi a valle del processo. Gli obiettivi che si vogliono raggiungere con il sistema pull sono: sincronizzare il flusso con il takt, ridurre lo spreco di scorte e sovrapproduzione e semplificare la gestione del materiale.

Per gestire il sistema pull è necessario l'utilizzo di segnali visivi che rendano nota alla fase del processo la necessità di produrre per sostituire il materiale appena prelevato, e lo strumento più conosciuto per questo scopo è quello del kanban.

Il kanban è nato in Toyota come un cartellino da attaccare al materiale, ma nel tempo sono state sviluppate diverse varianti: infatti, può presentarsi anche come un contenitore o uno spazio vuoto nello scaffale. I materiali gestiti a kanban si trovano in un'area denominata supermarket, il cui nome fa chiaramente riferimento ai supermercati e in cui i prodotti sono all'interno di contenitori opportunamente dimensionati, pronti per il prelievo.

In Fig. 4.4 è illustrato un esempio di applicazione del modello a cartellini in un'azienda di assemblaggio.

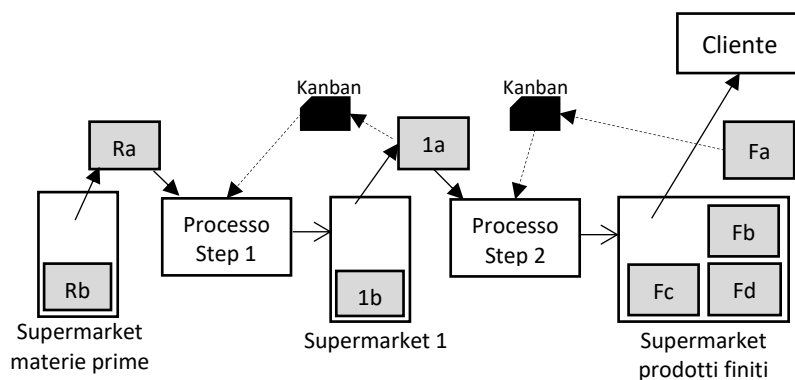


Fig. 4. 4 Applicazione kanban

Fonte: "Value Stream Map for the process industries", King P. L., King J. S.

Nella figura, è stato determinato che quattro container di prodotto finito rappresentano la giusta scorta per soddisfare la domanda del cliente, pertanto il supermarket di prodotto finito ha quattro container. Inoltre, sono necessari due container di semilavorato tra ogni step di processo per assicurare un flusso

continuo. La forma dei contenitori è standardizzata, e la quantità contenuta in ognuno di essi è quella minima che deve essere lavorata e movimentata. Quando un cliente ordina un container (Fa nell'esempio), questo viene rimosso dal supermarket e, prima di essere spedito, dal contenitore viene rimosso il cartellino kanban che viene inviato allo step di processo precedente (step 2): questo è il segnale che consente al processo di avviare la produzione del materiale appena prelevato e di cui è necessario ricostituire la scorta. Per produrre quanto richiesto, però, lo step 2 necessita del materiale in input, quindi preleva dal supermarket 1 un container di prodotto 1a e stacca il cartellino kanban, che viene inviato allo step 1, dando il segnale al processo di avviare la produzione per rimpiazzare il materiale appena prelevato. Si osserva che il materiale si sposta da monte a valle, mentre il kanban da valle risale fino al processo a monte; inoltre, è necessaria una quantità minima di alcune scorte per assicurare un flusso regolare, sebbene siano considerate uno spreco. Esistono molteplici varianti di questa metodologia: ad esempio, si possono utilizzare due cartellini anziché uno solo, oppure il segnale per avviare la produzione può essere rappresentato dallo spazio vuoto lasciato dal container appena prelevato. Ad esempio, un'azienda che produce pellet plastici può ricorrere all'impiego di un sistema a due contenitori, che fungono da kanban. Pertanto, ciascuna tipologia di pellet viene messa all'interno di due contenitori, che servono ad alimentare il processo a valle. Si possono disporre i contenitori su degli scaffali, e quando il processo richiede il materiale di un determinato tipo, viene prelevato un contenitore; solo una volta svuotato, è riportato allo scaffale. In questo caso, è proprio il contenitore vuoto il segnale che permette di avviare la produzione del pellet appena consumato.

Il concetto base, comunque, è che la produzione inizia in seguito al consumo di materiale nelle scorte, o alla domanda delle operazioni a valle, ma non è avviata da una programmazione basata sulle previsioni.

Adottare un sistema kanban, pertanto, permette di ottenere molteplici vantaggi:

- Eliminazione della sovrapproduzione e riduzione delle scorte;
- Tempi di consegna più brevi;
- Tempi ciclo più rapidi;

- Riduzione dei tempi di pianificazione e controllo;
- Riduzione degli spazi a magazzino.

Malgrado ciò, l'implementazione di un sistema pull può risultare piuttosto complessa, perché implica un cambiamento drastico nel modo di operare e di gestire le scorte; inoltre, il kanban non può essere applicato in egual modo a tutti i contesti, ma sono richieste delle condizioni al contorno:

- I volumi produttivi devono essere sufficientemente regolari, in quanto i fornitori o il magazzino devono riuscire a fornire i componenti per la linea di produzione quando richiesto e nella giusta quantità; pertanto i prodotti altamente personalizzati sono difficili da gestire;
- La manodopera deve essere flessibile e multifunzionale, perché possono esserci delle stazioni con un maggiore carico di lavoro rispetto ad altre;
- Se gli attrezzaggi sono lunghi e complessi il capo reparto avrà delle difficoltà a seguire i cartellini, perché avvierà la produzione solo con un lotto minimo che giustifichi l'attrezzaggio;
- Il processo deve essere fermato in tempi rapidi, una volta prodotta la quantità richiesta, altrimenti si avrà materiale in eccesso.

Queste limitazioni sono tipiche delle aziende di trasformazione, caratterizzate da un'elevata varietà di prodotti finiti e da processi che non possono essere interrotti all'improvviso, ma devono completare il ciclo, producendo più materiale di quello necessario.

Qualora dovessero essere presenti questi problemi, si possono adottare due soluzioni: la creazione di un'interfaccia push-pull o l'introduzione di un altro strumento, il CONWIP.

#### **4.2.2 Interfaccia push-pull**

Questa soluzione prevede di combinare entrambi i sistemi produttivi identificando un punto del processo, situato a valle di tutte le fasi che presentano difficoltà nell'arresto, e fissandolo come interfaccia push-pull. In questo modo, il materiale viene spinto dalle fasi precedenti del processo e si accumula presso l'interfaccia; queste scorte verranno prelevate solo quando vengono segnalati i fabbisogni a valle. Le fasi a monte, quindi, vengono pianificate basandosi sulle previsioni, mentre quelle a valle sui fabbisogni attuali.

Può essere utile introdurre anche una strategia di postponement, che permette di spostare la personalizzazione del prodotto il più a valle possibile, per ridurre il rischio di scorte elevate o di mancanza del prodotto. Si può quindi progettare lo stabilimento di processo in modo che la differenziazione possa essere eseguita come ultimo passaggio. Un caso particolare di postponement è il modello FTO (Finish To Order), che nell'azienda di assemblaggio corrisponde all'ATO (Assemble To Order): questo sistema produttivo prevede che il prodotto venga assemblato nei suoi componenti solo una volta ricevuto l'ordine. Nelle aziende di trasformazione ci sono molti esempi di questa applicazione: la vernice venduta in negozio, ad esempio, è ottenuta mischiando un colore neutro ad un altro colorante per ottenere la tonalità desiderata dal cliente finale.

Questo modo di operare garantisce una riduzione delle scorte di prodotto finito, un migliore impiego della capacità e un migliore servizio al cliente.

### **4.2.3 CONWIP**

In alternativa al kanban si può ricorrere ad una tecnica simile, ossia quella del Constant Work in Process, conosciuta come CONWIP. Questa metodologia si basa sempre sull'utilizzo di segnali che autorizzano la produzione, e il nome deriva dal fatto che il numero totale di parti presenti all'interno del sistema nello stesso momento è limitato, fissando così un valore costante di WIP totale. Il cartellino CONWIP, pertanto, non è associato ad un certo tipo di prodotto come il kanban, ma ad una certa quantità.

Nell'implementare questo sistema, uno dei compiti iniziali è quello di generare una lista di backlog, contenente la sequenza di ordini che devono entrare in produzione; nel fare questo si possono adottare diversi approcci, come definire una sequenza che metta uno di seguito all'altro gli ordini simili, per ridurre al minimo il numero di attrezzaggi complessi; altrimenti si possono adottare le regole di priorità che si basano sulla durata delle operazioni e, in linea con la strategia aziendale, si possono adottare differenti soluzioni: ad esempio, si può fissare una sequenza FCFS (First Come First Serve), in cui il primo prodotto che arriva è il primo ad essere servito, ed aiuta ad evitare l'obsolescenza del materiale o il suo deperimento; oppure una sequenza EDD (Earliest Due Date) che dà la priorità agli ordini che hanno la data di consegna più vicina.

In Fig. 4.5 è mostrata una schematizzazione del CONWIP applicato ad un segmento di processo generico.

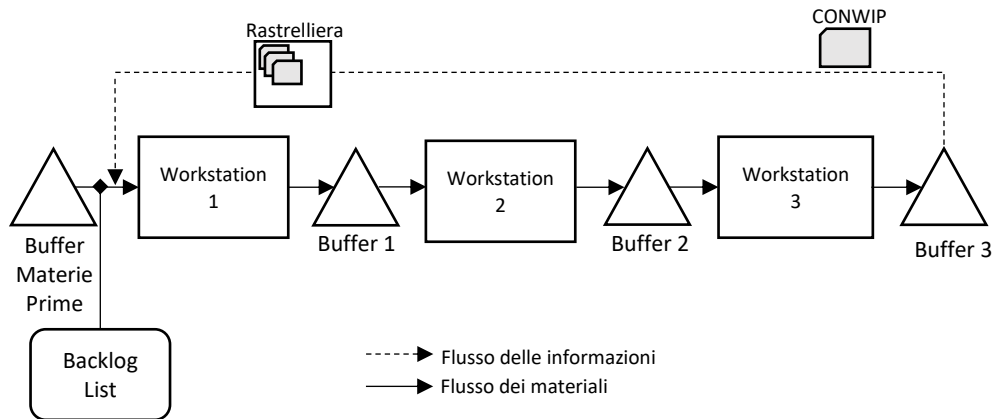


Fig. 4.5 Applicazione CONWIP  
Fonte: <https://www.slideshare.net>

In questo sistema, le parti da lavorare vengono movimentate all'interno di contenitori standard. Inizialmente, tutti i cartellini disponibili sono situati in una rastrelliera e ad ogni contenitore che entra in produzione viene assegnato un cartellino, che segue il contenitore per tutta la lavorazione: internamente alla porzione di processo controllata dal CONWIP il materiale scorre liberamente, come se fosse un sistema push, e viene processato il più velocemente possibile. Una volta che il contenitore arriva all'ultima fase di processo e il lavoro è completato, il cartellino viene staccato e riposizionato nella rastrelliera, in attesa di essere prelevato nuovamente per un altro contenitore. La presenza di cartellini all'interno della rastrelliera, pertanto, è il segnale che consente di avviare la produzione di altro materiale ed è proprio il numero totale di cartellini disponibili a determinare il massimo livello di WIP.

Lo schema illustrato rappresenta la situazione più semplice, in cui il materiale mantiene la sequenza definita dalla backlog list. Si ha però la possibilità di introdurre anche delle liste di priorità in ogni centro di lavoro, che generalmente danno la precedenza alle parti che devono essere rilavorate; in questo caso, nella parte di processo controllata dal CONWIP la sequenza può subire una variazione rispetto a quella definita all'ingresso, poiché il materiale deve sottostare alle regole imposte dalle liste di priorità.

Adottare il CONWIP anziché il kanban può essere conveniente per diversi motivi. Innanzitutto, questo sistema risulta complessivamente più semplice da implementare e da controllare rispetto al kanban, in quanto il numero totale di cartellini è minore; infatti, confrontando la Fig. 4.6, dove è schematizzata un'applicazione del kanban, con la Fig. 4.5, si osserva che, mentre il CONWIP realizza un anello chiuso nel sistema, perché solo una volta che il contenitore è uscito dalla produzione il cartellino è rimandato alla rastrelliera, con il kanban si devono inviare segnali ad ogni centro di lavoro.

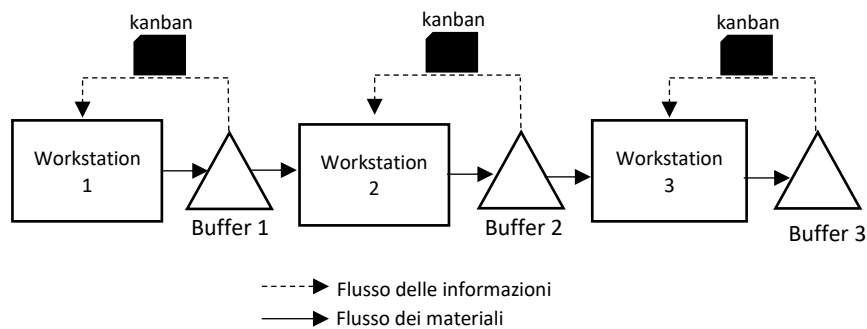


Fig. 4. 6 Applicazione kanban  
Fonte: <https://www.slideshare.net>

Un secondo vantaggio ottenibile con il CONWIP è la riduzione del tempo di attraversamento delle parti, e questo è dimostrabile attraverso la legge di Little. La legge di Little sostiene che, per un qualsiasi sistema produttivo, vale la seguente relazione:

$$WIP = TH \times LT$$

Dove:

- WIP è il numero di pezzi presenti nel sistema;
- TH è il throughput di sistema, cioè il numero di pezzi che mediamente escono dal sistema produttivo nell'unità di tempo;
- LT è il tempo di attraversamento, cioè il tempo che impiega un pezzo ad attraversare il sistema produttivo.

Secondo questa legge, quindi, se il TH è mantenuto costante, al crescere del livello di WIP anche il tempo di attraversamento aumenterà, perché si formerà un accumulo di materiale in attesa che si liberi il macchinario; allo stesso modo, limitando il WIP all'interno del sistema si ridurrà il LT, pur mantenendo costante il TH. Questo comporta anche una minore variabilità del tempo di

attraversamento, una maggiore flessibilità del sistema e una maggiore puntualità nelle date di consegna.

Infine, il CONWIP è una valida alternativa al kanban anche in contesti caratterizzati da un'ampia varietà di prodotti finiti, in quanto è possibile suddividere i cartellini in gruppi, e stabilire che i cartellini di un gruppo possano essere associati solo a determinate tipologie di prodotto.

## **4.3 – Heijunka**

Un'ultima tecnica che consente di rendere il flusso scorrevole è quella dell'Heijunka, attraverso la quale è possibile livellare la produzione. Come sostiene Ohno, infatti, per una efficace implementazione del sistema pull è necessario che il processo precedente produca solo la quantità di merce prelevata dal processo successivo: perché questo sia possibile, le linee produttive dovranno cercare di "abbassare i picchi produttivi e avvicinarsi il più possibile alle valli, cosicché il flusso divenga scorrevole"<sup>3</sup> (Taiichi Ohno, 1978).

### **4.3.1 Livellamento della produzione**

Nel livellamento della produzione l'obiettivo è quello di realizzare prodotti ad un ritmo costante, eliminando gli sprechi dovuti alle attese e alla sovrapproduzione. Questo risulta essere relativamente semplice quando la domanda di mercato è costante, ma nella maggiore parte dei casi le richieste dei clienti subiscono delle fluttuazioni.

Nel realizzare il livellamento, il primo passo prevede di individuare il cosiddetto "processo pacemaker", che è quello su cui si basa tutta la pianificazione e che tira tutti i processi a monte, stabilendo il takt time; di solito si trova a valle del flusso, il più vicino possibile al cliente finale. Su questo processo, quindi, si dovranno livellare il volume produttivo e il mix produttivo, in quanto lo scopo ultimo è quello di riuscire a produrre ogni giorno la stessa quantità e lo stesso mix di prodotti.

Per quanto riguarda il livellamento del volume, si dovrà definire il lotto minimo di produzione in base alla domanda media, cercando di mantenere anche una

---

<sup>3</sup> Ohno T., 1978, *Lo spirito Toyota*, Einaudi Editore, Torino.

scorta minima di sicurezza che consenta di coprire eventuali picchi. Nel livellare il mix, invece, bisogna considerare la varietà di prodotti finali, per cercare di bilanciare l'utilizzo del personale e degli impianti; anche in questo caso, la soluzione è quella di produrre lotti di piccole dimensioni, seguendo una pianificazione mixed-model. Per spiegare questo concetto è utile fare un esempio: ipotizzando che un'azienda produca, su base settimanale, 50 pezzi di A, 20 pezzi di B, 30 pezzi di C, 25 pezzi di D, 25 pezzi di E ed abbia una produttività giornaliera di 30 pezzi; allora, si potrebbero realizzare grandi lotti, ed avere la seguente sequenza produttiva settimanale (Tab. 4.1):

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
30 pz A	20 pz A	10 pz B	10 pz C	5 pz D
	10 pz B	20 pz C	20 pz D	25 pz E

Tab. 4. 1 Pianificazione settimanale

In questo modo, però, si hanno grandi scorte e una bassa flessibilità: infatti, se il cliente richiedesse lunedì il prodotto E, dovrebbe attendere fino a venerdì per riceverlo, e nel frattempo verrebbero realizzati prodotti che andrebbero a magazzino. Eseguendo invece una produzione mixed-model, si produrrebbero piccoli lotti, ma la sequenza giornaliera sarebbe sempre uguale, come quella mostrata in Tab. 4.2:

10 pz A	4 pz B	6 pz C	5 pz D	5 pz E
---------	--------	--------	--------	--------

Tab. 4. 2 Sequenza produttiva mixed-model

Questo consente di ottenere una migliore gestione del personale, una migliore risposta al cliente, una standardizzazione delle attività, un utilizzo uniforme degli impianti e un consumo frequente e ripetitivo dei componenti, permettendo di introdurre strumenti come il kanban. Introdurre una certa ripetitività nel sistema, inoltre, ha effetti positivi anche sulle tre emme, di cui si è parlato nel primo capitolo; infatti, se gli operatori realizzano ogni giorno lo stesso mix produttivo e gli stessi volumi, oltre a ridurre le perdite, e quindi i muda, si elimineranno

anche i muri, dovuti alla variabilità nel processo, e i muri, in quanto si eviterà di sovraccaricare le risorse poiché il lavoro è ben distribuito.

Nelle aziende di assemblaggio, per livellare la produzione si può ricorrere allo strumento dell'heijunka box, mostrato in Fig. 4.7, che si presenta come una tabella che ha per righe i vari prodotti e per colonne gli intervalli temporali.

	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
Tipo A	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban
Tipo B	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban
Tipo C	1 Kanban		1 Kanban			1 Kanban
Tipo D		1 Kanban			1 Kanban	

Fig. 4. 7 Heijunka Box  
 Fonte: "Value Stream Map for the process industries", King P. L., King J. S.

Sulle righe, per ogni prodotto, si inseriscono i cartellini kanban sui quali sono indicate le quantità da produrre; i kanban poi vengono tolti all'ora indicata, per consentire la produzione delle parti. Il livellamento del volume viene ottenuto grazie alle colonne verticali, mentre il livellamento del mix attraverso le righe.

Un parametro chiave nella costruzione dell'heijunka box è quello del pitch time, ovvero il takt time riferito all'unità minima di confezionamento, fondamentale per calcolare gli intervalli temporali di ogni colonna; conoscendo la quantità definita su un cartellino kanban e il takt time, dal prodotto di questi due fattori è possibile ottenere il pitch time.

L'heijunka box, inoltre, funge anche da sistema per il controllo visivo, perché indica i ritardi di produzione: infatti, quando il capo reparto va a controllare la situazione ad una certa ora, se le caselle precedenti a quell'ora non sono tutte vuote significa che si è verificato un problema che ha ritardato la produzione. Questo dovrebbe essere il segnale che spinge a ricercare e risolvere la causa del ritardo ed eventualmente ad avviare degli straordinari per recuperare la produzione.

### **4.3.2 Heijunka nell'azienda di processo**

Il livellamento della produzione, come la maggior parte delle tecniche e degli strumenti lean, è nato in Toyota, e in quanto tale è stato sviluppato in accordo alle esigenze e alle difficoltà che incontrano le aziende di assemblaggio. La sua applicazione, pertanto, è adatta ad un particolare contesto, in cui sia possibile eseguire attrezzaggi rapidi per ridurre al minimo la dimensione dei lotti. Da ciò si deduce che le aziende di processo incontrino diverse difficoltà nell'implementazione di questa metodologia e sarà quindi necessario ricorrere ad un diverso approccio.

Innanzitutto, come è già stato detto, i processi di trasformazione sono solitamente caratterizzati da cambi prodotto complessi e costosi; inoltre i processi, una volta avviati, richiedono un certo tempo prima di diventare operativi, perché devono essere raggiunte le condizioni di reazione. Questi fattori, naturalmente, sono un ostacolo alla pianificazione mixed-model, che presuppone frequenti cambi prodotto e lotti di piccole dimensioni.

Un secondo problema si ha quando si verificano picchi nella domanda; infatti, mentre le aziende di assemblaggio sono labor intensive e possono quindi servirsi degli straordinari per aumentare la produzione, gli stabilimenti di trasformazione non hanno questa possibilità, poiché funzionano già a tempo pieno, 24 ore al giorno.

Nonostante queste problematiche, il livellamento produttivo può comunque offrire dei vantaggi alle aziende di processo, se opportunamente implementato. In definitiva, si tratta di trovare uno strumento alternativo all'heijunka box, che si adatti al nuovo contesto e che permetta di superarne gli ostacoli. Una delle tecniche più diffuse, a questo proposito, è quella denominata product wheel.

### **4.3.3 Product Wheel**

Quando si parla di heijunka nelle aziende di trasformazione, una delle tecniche più conosciute è quella della product wheel, che consente di livellare la produzione superando i problemi tipici di questo contesto.

Un esempio di product wheel è rappresentato in Fig. 4.8; il concetto di base è quello di rappresentare graficamente la sequenza ripetitiva di produzione di tutti

i materiali lavorati in uno specifico macchinario, utilizzando come metafora l'immagine di una ruota. L'obiettivo è quello di riuscire a livellare la produzione e al contempo di ottimizzare la pianificazione mixed-model.

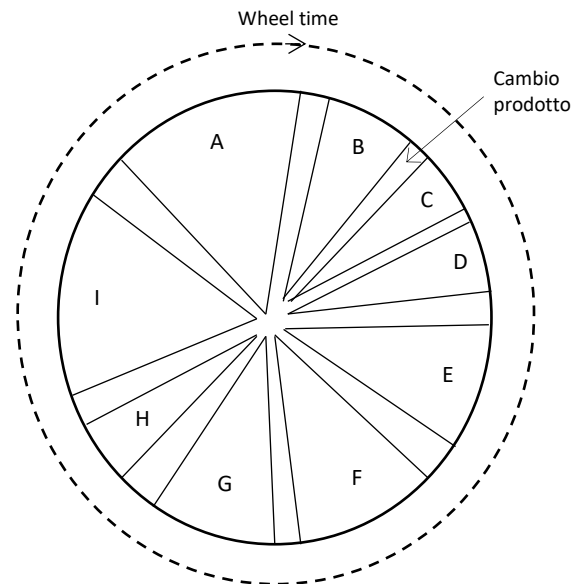


Fig. 4. 8 Product Wheel

Fonte: "Value Stream Map for the process industries", King P. L., King J. S.

Il ciclo, dunque, è suddiviso in spicchi, denominati "settori", ed ogni settore rappresenta la parte di ciclo in cui viene realizzato un prodotto; i vari settori, inoltre, hanno diverse ampiezze, calcolate sulla base del takt di quel prodotto: le sezioni più ampie, pertanto, sono per quei prodotti che hanno una maggiore domanda media. Lo spazio che separa i settori, invece, indica il tempo necessario al riattrezzaggio. Un ciclo totale della ruota corrisponde al "wheel time", ossia il tempo di ciclo richiesto per la lavorazione dei prodotti.

In ottica lean, quindi, si dovrà cercare di accorciare il più possibile il tempo ciclo, e perché questo sia possibile si dovrà definire la sequenza ottimale di produzione che consenta di semplificare gli attrezzaggi tra la lavorazione di un prodotto e l'altro.

Mentre la sequenza di produzione è fissata, la quantità prodotta può invece variare di ciclo in ciclo, sulla base del consumo attuale. Questa tecnica, infatti, è particolarmente utile in un sistema di approvvigionamento pull, in cui ciò che viene prodotto serve a rifornire quello che è stato consumato dai processi a valle.

Quando si progetta la product wheel il punto di partenza è capire a quali fasi applicarla: i candidati ideali sono le fasi caratterizzate da cambi prodotto complessi, nelle quali è possibile apportare miglioramenti significativi. Dopo di che, si dovrà individuare la sequenza ottimale dei prodotti, tale da riuscire a ridurre i cambi prodotto complessi: per questo motivo, sarà utile raggruppare i diversi prodotti in famiglie che abbiano caratteristiche simili.

A questo punto si dovrà calcolare il wheel time; a questo proposito, Peter King propone due metodi differenti:

- Il modello del tempo disponibile;
- Il modello del lotto economico.

Il primo modello prevede di prendere in considerazione un periodo di tempo e, sulla base di questo, determinare il numero di cicli che possono essere realizzati nel periodo, tenendo in considerazione la domanda media e il tempo perso per i cambi prodotto, così da ottenere il wheel time più breve possibile.

Il modello del lotto economico, invece, mira a trovare l'ottimo tra il costo totale per i cambi prodotto e il costo di gestione delle scorte. Si basa sul calcolo della dimensione del lotto e la lunghezza delle campagne, tenendo conto del fatto che campagne lunghe implicano scorte maggiori, rispetto alle campagne più brevi che richiedono invece più cambi prodotto.

I due modelli offrono soluzioni diverse, ma nessuna è migliore dell'altra, in quanto prendono in considerazione due punti di vista differenti.

Riassumendo quanto detto finora, la product wheel è uno strumento che consente di livellare la produzione, ridurre le campagne e trovare un trade off tra il costo di gestione delle scorte e il costo di cambio prodotto. Con l'adozione di questa tecnica è possibile aumentare la regolarità del flusso e la prevedibilità della programmazione, in modo da sapere sempre cosa produrre e in che momento; questo permetterà di ridurre il livello delle scorte, di migliorare il servizio ai clienti e, infine, di aumentare la capacità disponibile. Di frequente, infatti, ottimizzando la sequenza produttiva si ha un risparmio significativo di tempo, che dà modo di concentrarsi su altri progetti, riprendendo il concetto fondamentale della lean del miglioramento continuo.

## 4.4 – Sequenza dei miglioramenti

In questo capitolo sono state messe in evidenza le complessità delle aziende di processo che maggiormente ostacolano l'applicazione di alcune tecniche sviluppatesi in Toyota. È interessante notare, comunque, che attraverso le opportune considerazioni e degli approcci alternativi a quelli tradizionali, è possibile adattare i concetti della gestione snella al diverso contesto, così da superare gli ostacoli e sfruttare appieno i benefici derivanti dall'applicazione di queste tecniche.

C'è però un'ultima considerazione da fare riguardo la sequenza di implementazione di questi strumenti, che può influire notevolmente sul risultato finale. Eseguire il livellamento prima o dopo aver creato le celle, infatti, può avere diverse implicazioni, così come introdurre per primo il sistema pull potrebbe rendere più complessa l'attività di miglioramento, scoraggiando le persone. Si pensi ad esempio alla progettazione di una product wheel: realizzarla all'interno di una cella, anziché considerare l'intero sistema, è molto più semplice, perché i prodotti da gestire saranno in numero molto minore; allo stesso modo, se sono già state realizzate delle attività SMED, i tempi di cambio prodotto saranno inferiori, e questo consentirà di concentrarsi maggiormente sulla riduzione della lunghezza delle campagne.

Da queste osservazioni si ricava che individuare la corretta sequenza di implementazione è parte fondamentale del processo di introduzione della lean, in quanto permette di ridurre, o addirittura evitare, alcune problematiche. Diversi autori, tra cui Womack, Jones e King, suggeriscono di iniziare con la mappatura del processo, così da definire le inefficienze e i miglioramenti da realizzare; a seguire, attraverso le attività che prevedono il coinvolgimento del personale come le 5S, lo SMED, il TPM e gli eventi kaizen, è possibile risolvere i principali sprechi e avvicinarsi così ad un flusso continuo; solo in seguito si procede con la produzione a celle e, quando la nuova configurazione di flusso sarà stabile e chiara a tutte le persone dell'azienda, si potrà livellare la produzione e, infine, implementare il sistema pull. Si ritiene, infatti, che il pull sia più facile da progettare se il processo è già stato stabilizzato e sono state eliminate le principali cause che portano ad interruzioni anomale del processo.

C'è in realtà anche una scuola di pensiero opposta, che suggerisce di iniziare con l'implementazione del sistema pull per evidenziare le inefficienze del processo; questa procedura, tuttavia, può risultare più complessa da seguire e richiede sforzi maggiori.

Naturalmente, non va dimenticato che oltre alla sequenza di implementazione, il ruolo determinante nel successo di queste tecniche ce l'hanno le persone coinvolte; è fondamentale, infatti, che tutti abbiano una chiara comprensione della strategia aziendale, degli obiettivi che si vogliono raggiungere e, soprattutto, della filosofia lean.



# Conclusione

Nella presente tesi si sono voluti analizzare nel dettaglio i vantaggi e i problemi che derivano dall'implementazione della gestione snella nell'industria di processo. Pertanto, sono stati approfonditi i principi della filosofia lean e i concetti di base che la compongono al fine di valutare se, ed in che modo, essi possano essere adattati ad un contesto differente da quello tradizionale. Un'azienda di processo, infatti, presenta molte differenze rispetto ad un'azienda come la Toyota, ma attraverso questo studio si è dimostrato che le tecniche lean possono fornire un valido aiuto alla risoluzione delle inefficienze e degli sprechi. Si è comunque osservato che l'introduzione della gestione snella comporta anche delle difficoltà, a causa delle complessità che caratterizzano gli impianti di processo e del pensiero, condiviso dalla maggior parte delle aziende, secondo cui gli sprechi siano una parte intrinseca del processo e pertanto non sia possibile ridurli. Inoltre, molti degli strumenti sviluppati da Toyota sono difficilmente adattabili a questo nuovo contesto e possono essere utili dei metodi alternativi per applicare i concetti di base della filosofia lean. Un particolare importante che è possibile rilevare, in seguito a tutte le considerazioni fatte nel corso della tesi, riguarda la centralità dei macchinari e dell'impianto rispetto al ruolo delle persone; infatti, sebbene la filosofia lean metta al primo posto il coinvolgimento e lo sviluppo degli operatori, gli stabilimenti di processo sono capital intensive, in quanto fanno largo uso di macchinari altamente automatizzati, e pertanto il contributo che possono fornire le persone, per quanto importante possa essere, risulta limitato. Questo significa che le attività di miglioramento dovrebbero essere mirate innanzitutto a ridurre le inefficienze dell'impianto, così da migliorarne le performance, e una delle tecniche più importanti a questo proposito sarà quella del TPM, che rende la manutenzione un'attività di routine eseguibile da tutti.

Nella stesura di questa tesi si può comunque notare che le metodologie descritte non sono state approfondite nei minimi dettagli, ma sono stati evidenziati i punti ritenuti più rilevanti per comprendere le difficoltà che possono sorgere dall'applicazione delle tecniche lean nelle industrie di trasformazione. Con questa scelta si è cercato di mantenere l'attenzione sul tema centrale della tesi, ossia la gestione snella nelle aziende di processo, evitando di fornire informazioni aggiuntive, superflue per l'argomento trattato. Inoltre, sebbene siano stati forniti degli esempi pratici e dei casi studio, uno sviluppo interessante per il futuro potrebbe riguardare proprio lo studio della reale introduzione della filosofia lean in un'azienda di processo specifica; questo offrirà la possibilità di analizzare in modo più approfondito l'evolversi della situazione, analizzando nel dettaglio anche le problematiche che si presentano e i modi in cui è possibile risolverle.

# Bibliografia

Abdullah F., 2003, *Lean manufacturing in process industry with a focus on steel*, University of Pittsburgh.

Borges Lopes R., Freitas F., Sousa I., 2015, Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries, *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 10, n. 3, pp. 120-130.

Floyd R. C., 2010, *Liduid lean: Developing Lean Culture in the Process Industries*, Taylor & Francis Group, New York.

Heymans B., 2015, Lean Manufacturing and the food industry, *Journal of Technology Management & Innovation*.

King P. L., 2009, *Lean thinking per le aziende di processo: gestire la complessità senza sprechi per essere più flessibili e veloci*, Ulrico Hoepli Editore S.p.A., Milano.

King P. L., King J. S., 2015, *Value Stream Mapping for the process industries: Creating a Roadmap for Lean Transformation*, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Kumar D., Kumar Singh S., Sharma K., 2014, Implementation of Lean in Continuous Industry: A Case Study (Steel Industry), *Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, pp. 05-12.

Melton T., 2005, The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 83, n. 6, pp. 662-673.

Mwanza B. G., Mbohwa C., 2015, Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company, *International Conference on Industrial Engineering and Service Science*, vol. 4, pp. 461-470.

Nomden G., 2011, *Virtual Cellular Manufacturing: relevance and development of heuristics for family-based dispatching*, Chapter 2, University of Groningen.

Oakland J. S., 1995, *Total Quality Management text with cases*, Butterworth-Heinemann, Oxford.

Ohno T., 1978, *Lo spirito Toyota*, Einaudi Editore, Torino.

Rohania J. M., Zahraeea S. M., 2015, Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry, *2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, Bali, Indonesia.

Willmott P., Quirke J., 2016, Maintenance & Operational Performance, *Industry & Business Magazine*.

Womack J., Jones D., 1997, *Lean Thinking*, Angelo Guerini e Associati, Milano.

### **Siti internet**

Basics of CONWIP Systems (Constant Work in Progress),  
<https://www.allaboutlean.com/conwip-basics/>, 2015

Carta di controllo, [https://it.wikipedia.org/wiki/Carta\\_di\\_controllo](https://it.wikipedia.org/wiki/Carta_di_controllo), 2017

CONWIP (CONstant Work In Process),  
[http://www.multimac.it/soluzioni\\_scheda\\_ita.php/nomeProdotto=CONWIP\\_\(CONstant\\_Work\\_In\\_Process\)/idcat=3/idsottocat=154/idprodotto=1251](http://www.multimac.it/soluzioni_scheda_ita.php/nomeProdotto=CONWIP_(CONstant_Work_In_Process)/idcat=3/idsottocat=154/idprodotto=1251), 2018

MUDA – MURA – MURI, <http://blog.bprgroup.it/muda-mura-muri/>, 2014

Sistemi di produzione,  
<https://digilander.libero.it/programmapiroduzione/sdp%20.htm>, 2018

Theory of constraints, <https://www.slideshare.net/SYevtushenko/toc-conwip-kanban>, 2018

Value stream mapping, [https://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping), 2018