



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Progettazione di linee di assemblaggio in ottica lean production

---

Design of assembly lines with a lean production perspective

Relatore:

Filippo Emanuele Ciarapica

Tesi di Laurea di:

Georgiana Elena Enacache

A.A. 2021 / 2022

## Sommario

Sommario .....	1
1. INTRODUZIONE .....	2
2. VALUE STREAM MAPPING (VSM).....	3
2.1 Disegno della mappa di stato corrente.....	5
2.2 La mappa dello stato del futuro.....	18
3. PROCESSO PACEMAKER .....	21
4. MACHINES, MATERIAL AND LAYOUT FOR FLOW .....	31
5. DISTRIBUZIONE DEL LAVORO.....	41
6. CONNESSIONE AL FLUSSO E REGOLAZIONE DEL FLUSSO .....	47
7. IMPLEMENTARE, SOSTENERE E MIGLIORARE.....	53
8. DMP Electronics .....	58
8.1 Caso DMP Electronics (linee di assemblaggio).....	63
9. Conclusione .....	110
10. Bibliografia .....	111
11. Sitografia .....	111
12. Ringraziamenti .....	112

## 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, ci siamo impegnati per trovare il modo di aiutare i produttori a pensare al flusso piuttosto che ai processi di produzione discreti e per co-implementare sistemi snelli piuttosto che miglioramenti di processo isolati. Abbiamo lottato per aiutare i produttori a realizzare miglioramenti duraturi e sistematici che non solo rimuovessero gli sprechi, ma anche le fonti che generano tali sprechi in modo che non si ripresentino nuovamente. Per coloro che hanno semplicemente dato allo strumento di mappatura una possibilità, siamo stati lieti nell'osservare quanto lo strumento abbia dimostrato di essere estremamente efficace nel focalizzare l'attenzione sul flusso e nel renderli consapevoli di tutto ciò.

La mappatura del flusso di valore (VSM) è uno strumento di produzione snella vitale, abituato a identificare e ridurre il lead time di processo e l'inventario di processo per il miglioramento dell'efficienza complessiva di un'organizzazione. Questo documento mira a studiare e implementare la mappatura del flusso di valore.

I dati vengono raccolti dai vari processi svolti in stabilimento, dopo averli analizzati. Dopo la preparazione della mappa dello stato attuale, vengono identificate le attività a valore aggiunto e attività non a valore aggiunto. L'indagine impressionante sulle attività senza valore aggiunto, porta a suggerimenti per la riduzione al minimo dei tempi di elaborazione del processo. Le tecniche snelle vengono utilizzate per apportare le modifiche necessarie per migliorare l'efficienza complessiva e dopo aver considerato le modifiche proposte va disegnata la mappa del flusso di valore dello stato futuro.

Andiamo ad analizzare meglio il successo dopo l'implementazione della tecnica VSM, partendo con una sua definizione dettagliata.

## 2. VALUE STREAM MAPPING (VSM)

La Value Stream Mapping (letteralmente Mappatura della Catena di Valore) è la mappatura grafica di tutte le azioni, sia a valore aggiunto che non a valore aggiunto, attualmente necessarie per condurre un prodotto attraverso i principali flussi essenziali a ognuno di essi:

- 1) il flusso di produzione dalla materia prima al cliente,
- 2) il flusso di progettazione dal concept al lancio.

VSM è uno strumento di comunicazione, di pianificazione aziendale e uno strumento per gestire il processo di cambiamento. La mappatura del flusso di valore è essenzialmente un linguaggio e, come per ogni nuovo linguaggio, il modo migliore per imparare la mappatura è di praticarla formalmente all'inizio, fino a quando non si può usarla istintivamente.

Perciò è uno strumento essenziale, in quanto:

- Nella produzione aiuta a visualizzare più del singolo livello di processo, come ad esempio l'assemblaggio, la saldatura, ecc.
- Aiuta a vedere più degli sprechi. La mappatura aiuta a vedere le fonti degli sprechi nel flusso di valore.
- Fornisce un linguaggio comune per parlare dei processi di produzione.
- Rende evidenti le decisioni sul flusso, in modo da poterle confutare. Altrimenti, molti dettagli e decisioni riguardanti l'officina si verificherebbero di default.
- Lega concetti e tecniche lean, che ti aiutano a evitare la "cherry picking".
- Esso costituisce la base di un piano di attuazione.
- Mostra il collegamento tra il flusso di informazioni e il flusso di materiale.
- È molto più utile degli strumenti quantitativi e dei diagrammi di layout che producono un conteggio di passaggi non a valore aggiunto, lead time, distanza percorsa, quantità di inventario e così via. La VSM è uno strumento qualitativo con cui descrivi in dettaglio come dovrebbe funzionare la struttura per creare flusso.

Entrare nell'ottica del flusso di valore significa tenere presente il quadro generale, non solo i singoli processi, e migliorare il tutto, non solo ottimizzare le parti.

All'interno del flusso di produzione, il movimento del materiale attraverso la fabbrica è il flusso che di solito viene in mente. Ma c'è un altro flusso, di informazioni, che indica ad ogni processo cosa fare immediatamente o successivamente. Il flusso di materiale e di informazioni sono due facce della stessa moneta, perciò è necessario mappare entrambi. Nella produzione snella il flusso di informazioni viene trattato con la stessa importanza del flusso di materiale.

Tracciare il flusso di valore per una famiglia di prodotti porterà oltre i confini organizzativi dell'azienda. Poiché le aziende tendono ad essere organizzate per dipartimenti e funzioni, invece che per il flusso di creazione di valore per le famiglie di prodotti.

Le peculiarità della mappatura del processo sono due:

- **Current State Map:** descrive la situazione del prodotto nel flusso del valore.
- **Future State Map:** indica il modo in cui si vuole vedere il prodotto all'interno del flusso di valore

Il primo passo è disegnare lo stato attuale, che viene fatto raccogliendo informazioni in magazzino. In questo modo vengono fornite le informazioni necessarie per sviluppare uno stato futuro. Le idee sullo stato futuro verranno fuori mentre si sta mappando lo stato corrente. Allo stesso modo, disegnare lo stato futuro spesso evidenzierà importanti informazioni sullo stato attuale che sono state trascurate.

Il passo finale è quello di preparare e iniziare attivamente utilizzando un piano di attuazione che descrive, in una pagina, come si prevede di raggiungere lo stato futuro. Quindi, mentre lo stato futuro diventa realtà, una nuova mappa dello stato futuro dovrebbe essere disegnata. Si tratta di un miglioramento continuo nel flusso di valore. Deve sempre esserci una mappa dello stato futuro a livello di flusso di valore.

## Value Stream Mapping Process

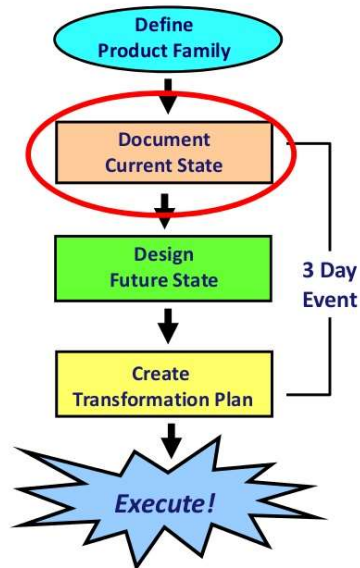
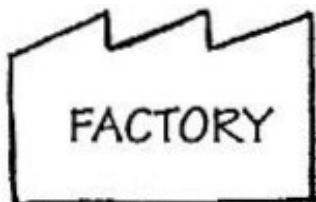


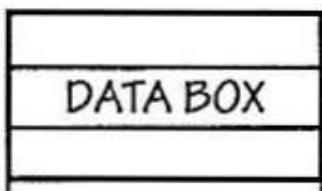
Figure 1 VSM Process

### 2.1 Disegno della mappa di stato corrente

La mappatura inizia dai requisiti del cliente. Si rappresenterà lo stabilimento di assemblaggio del cliente con un'icona di fabbrica, posizionata nella parte superiore destra della mappa.



Sotto questa icona disegneremo uno data box che registrerà i requisiti del cliente dell'impianto dello stabilimento di assemblaggio.



Il prossimo passo di mappatura è disegnare i processi di produzione di base. Per indicare un processo usiamo una casella di processo. La regola generale per la mappa porta a porta è che una finestra di processo indica un processo in cui il materiale scorre. Dal momento che disegnare una scatola per ogni singola fase di elaborazione renderebbe la mappa poco maneggevole, usiamo la casella di processo per indicare un'area di flusso di materiale, idealmente un flusso continuo. La scatola di processo si ferma ovunque i processi siano scollegati e il flusso di materiale si arresti.



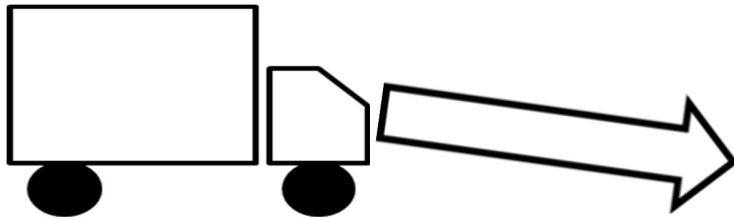
Abbiamo le seguenti informazioni da registrare nel data box per ogni fase di elaborazione: il tempo di ciclo (tempo che intercorre tra una parte che esce dal processo e la parte successiva che ne esce, in secondi); il cambiamento nel tempo per passare dalla produzione di un tipo di prodotto all'altro (in questo caso commutazione tra staffe di trasmissione sinistra e destra); il numero di persone necessarie per far funzionare il processo (che può essere indicato con l'icona dell'operatore come mostrato all'interno delle caselle di processo); il tempo di lavoro disponibile per turno a quel processo (in secondi, meno pausa, riunione, e tempi di pulizia); e le informazioni di uptime della macchina.

Nel data box "stamping" mostriamo anche lo EPE, che sta per "every part every" ed è una misura della dimensione del lotto di produzione.

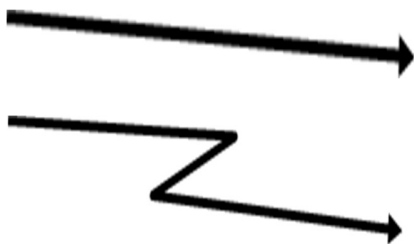
Durante il percorso del flusso materiale del prodotto si trovano luoghi dove le scorte si accumulano. Questi punti sono importanti da disegnare sulla mappa di stato corrente perché ti dicono dove il flusso si ferma. Usiamo un "triangolo di avviso" come icona per catturare la posizione e la quantità di scorte.



Dall'area di immagazzinamento (icona a triangolo), le scorte di prodotti finiti vengono trasportate nella zona di spedizione secondo il programma di spedizione giornaliera e trasportate ogni giorno tramite i camion allo stabilimento di assemblaggio del cliente. Un'icona raffigurante un camion e un'ampia freccia indicano il movimento dei prodotti finiti verso il cliente.



Si passa poi al secondo aspetto della mappa del flusso di valore: il flusso di informazioni. Per fare questo abbiamo bisogno di ulteriori icone e frecce, in particolare di una freccia semplice per mostrare i flussi di informazioni. Tale freccia lineare è modificata con una simile a un lampo quando le informazioni fluiscono elettronicamente (tramite l'interscambio elettronico di dati) piuttosto che su carta. Una piccola icona o un nodo viene utilizzato per etichettare o descrivere diverse frecce di flusso di informazioni.



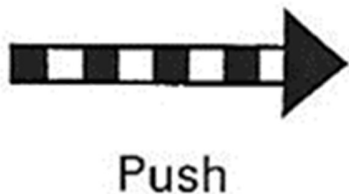


Inoltre, l'icona "go and see" indica un'osservazione come parte del flusso di informazioni. Ad esempio, se un supervisore controlla l'inventario e poi decide cosa produrre dopo. Di solito troppi occhiali non sono un buon segno, in quanto indicano un tipo di produzione non strutturata.



Mentre si cerca di scoprire come ogni processo "sa" cosa produrre per il proprio cliente e quando farlo, è possibile identificare informazioni di mappatura critiche, ovvero i movimenti materiali che sono spinti dal produttore e non trainati dal cliente. "Push" significa che un processo produce qualcosa indipendentemente dalle reali esigenze del processo a valle del cliente e lo "spinge" in avanti.

L'icona di mappatura per il movimento Push del materiale è una freccia a strisce.



Si disegna una sequenza temporale (timeline) sotto le caselle di processo e i triangoli di inventario per compilare il lead time di produzione, che è il tempo che una parte necessita per farsi strada attraverso il magazzino, a partire dall'arrivo come materia prima fino alla spedizione al cliente finale.



I tempi di consegna (in giorni) per ciascun triangolo di inventario sono calcolati come segue: quantità di inventario divisa per il fabbisogno giornaliero del cliente. Aggiungendo i tempi di consegna attraverso ogni processo e attraverso ogni triangolo di inventario nel flusso di materiale, possiamo arrivare a una buona stima del tempo di produzione totale.

Prima di passare allo studio della mappa dello stato futuro, si riassumono di seguito i più importanti principi lean.

- **Overproduction**

Per ridurre i lead time eccessivamente lunghi che si riscontrano all'interno del flusso dalla materia prima al prodotto finito è necessario fare di più che cercare di eliminare gli sprechi evidenti. Nonostante sia un bene essere consapevoli degli sprechi, è necessario cercare di eliminare le fonti, o le "radici" degli sprechi nel flusso di valore. Una volta che i problemi di produzione di massa possano essere visti in un modo che permetta di rivelare tali cause, l'azienda sarà in grado di lavorare alla ricerca di soluzioni originali.

La fonte più significativa di sprechi è la sovrapproduzione, il che significa produrre di più, prima o più velocemente di quanto richiesto dal processo successivo. La sovrapproduzione causa ogni tipo di spreco, non solo l'eccesso di scorte e di denaro vincolato a quell'inventario. Le parti dei lotti devono essere immagazzinate, il che richiede spazio di stoccaggio, essere maneggiate, più persone e attrezzature, essere smistate e rilavorate. La sovrapproduzione si traduce in carenze, perché i processi sono impegnati a fare le parti sbagliate. Ciò significa aver bisogno di extra capacità di operatori e attrezzature, perché si stanno utilizzando parte del lavoro e delle attrezzature per produrre pezzi che non sono

ancora necessari. Si allunga anche il tempo di consegna, il che compromette la flessibilità di risposta alle esigenze del cliente.

- **Characteristics of a Lean Value Stream**

Tutto quello che si sta cercando di fare nella produzione snella è far sì che un processo produca solo ciò di cui il prossimo processo ha bisogno, quando ne ha bisogno. Si cerca di collegare tutti i processi, dal consumatore finale indietro alla materia prima, in un flusso regolare senza deviazioni che generi il più breve tempo di consegna, la massima qualità e il costo più basso.

- **Produrre in un “Takt time” stabilito**

Lo “Takt time” è quanto spesso si dovrebbe produrre una parte o un prodotto, in base al tasso di vendite, per soddisfare le esigenze dei clienti. Il tempo Takt è calcolato dividendo il tasso di domanda del cliente per turno (in unità), per il tempo di lavoro disponibile per turno (in secondi). Lo Takt time è utilizzato per sincronizzare il ritmo di produzione con il ritmo delle vendite, in particolare al "processo pacemaker". Sulla mappa dello stato futuro, i tempi Takt sono annotati nelle caselle dati.

Cercare di produrre in base allo Takt time può sembrare semplice, ma richiede sforzi per:

- fornire una risposta rapida (entro Takt) ai problemi
- eliminare le cause di tempi di inattività non pianificati
- eliminare i tempi di changeover a valle come ad esempio in processi di assemblaggio.

- **Sviluppare il flusso continuo, ove possibile.**

Il flusso continuo si riferisce alla produzione di un pezzo alla volta, con ogni elemento che passi immediatamente da una fase di processo all'altra senza ristagno (e molti altri

sprechi) in mezzo. Il flusso continuo è il modo più efficiente per produrre, e si dovrebbe usare tanta creatività nel tentativo di raggiungerlo.

L'icona di mappatura che usiamo per indicare il flusso continuo è semplicemente la casella di processo. Nel disegno dello stato futuro, ogni riquadro di processo dovrebbe descrivere un'area di flusso. Quindi, se si introducesse un flusso più continuo nello stato futuro, allora due o più caselle di processo dello stato corrente si combinerebbero in un'unica casella sulla mappa dello stato futuro.

Un buon approccio può essere quello di iniziare con una combinazione di flusso continuo e qualcuno di pull/ FIFO. Aumentare quindi l'intervallo del flusso continuo mentre l'affidabilità del processo migliora, riducendo i tempi di changeover a quasi zero e sviluppando apparecchiature in linea e più piccole.

➤ **Utilizzare i supermarkets per controllare la produzione in cui il flusso continuo non si estende a monte.**

Ci sono spesso punti nel flusso di valore dove il flusso continuo non è possibile e il raggruppamento in lotti è necessario.

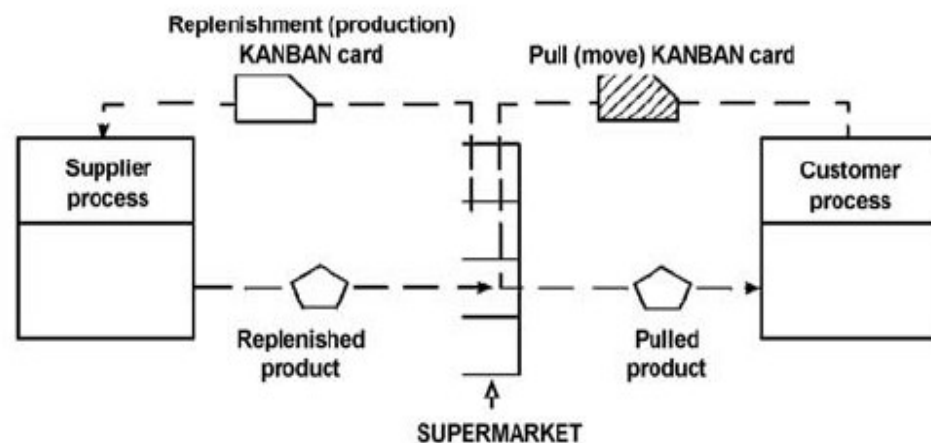
Ci possono essere diverse ragioni per questo tra cui:

- Alcuni processi sono progettati per operare a tempi di ciclo molto veloci o molto lenti e hanno bisogno di tanti changeover per servire più famiglie di prodotti (ad es. il processo di stampaggio o stampaggio a iniezione.)
- Alcuni processi, come quello di trasporto verso i fornitori, sono lontani e la spedizione di un pezzo alla volta non è realistica.
- Alcuni processi necessitano di troppo tempo di consegna o sono troppo inaffidabili per accoppiarsi direttamente ad altri processi in un flusso continuo.

In poche parole, di solito è necessario installare un sistema pull in cui il flusso continuo viene interrotto e il processo a monte deve ancora operare in modalità di produzione a lotti. Lo scopo di collocare un sistema pull tra due processi è quello di avere un mezzo per dare istruzioni di produzione accurate al processo a monte, senza cercare di prevedere la domanda a valle e programmare il processo a monte.

Il sistema Pull è un metodo per controllare la produzione tra flussi. Vengono eliminati quegli elementi del MRP che cercano di programmare le zone differenti dello stabilimento.

I sistemi pull sono un buon modo per controllare la produzione tra processi che non possono essere legati insieme in un flusso continuo, ma a volte non è pratico tenere un inventario di tutte le possibili variazioni di parti in un supermarket basato sul pull-system.



In alcuni di questi casi è possibile utilizzare una linea FIFO ("first in, first out") tra due processi disaccoppiati per sostituire un supermarket e mantenere un flusso tra di loro. Se la linea FIFO è piena, il processo di approvvigionamento deve cessare di produrre fino a che il cliente non abbia sfruttato parte del l'inventario. Quando una linea FIFO è piena non vengono rilasciati ulteriori Kanban per il processo a monte.

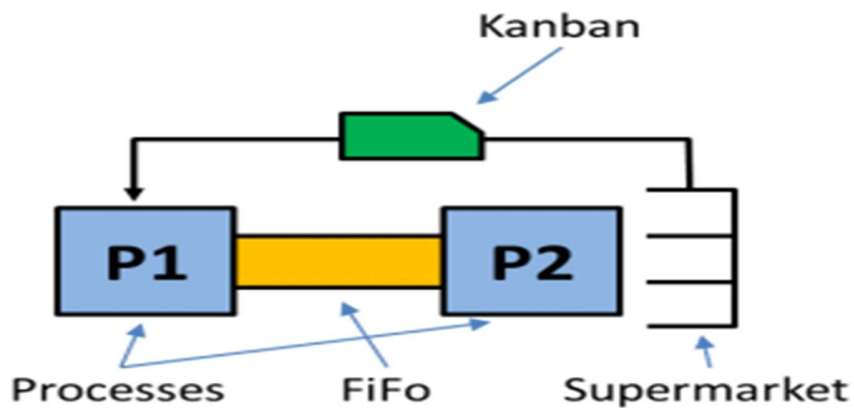
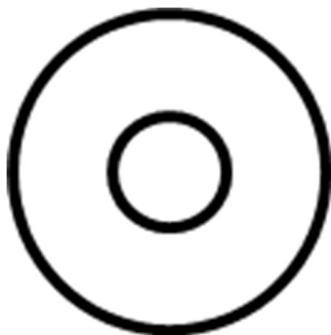


Figure 2 Kanban

A volte è possibile installare uno "Sequenced pull" tra due processi, invece di un supermarket completo che ha tutti i componenti rappresentati in esso. Il sistema Sequenced pull significa che il processo di approvvigionamento produce una quantità predeterminata (spesso un sottoinsieme) direttamente all'ordine del processo del cliente. Questo funziona se il tempo di consegna nel processo di approvvigionamento è abbastanza breve per consentire alla produzione di fare l'ordine, e se il processo del cliente segue rigide regole di "ordinazione". Il sistema Sequenced pull è talvolta chiamato il "sistema di palline da golf" perché palline colorate o dischi (che rotolano su uno scivolo verso il processo di approvvigionamento) sono talvolta utilizzati per fornire istruzioni di produzione.



➤ **Provare a inviare il programma del cliente a un solo processo di produzione.**

Utilizzando i sistemi pull basati sui supermarkets, in genere è necessario programmare solo un punto nel flusso di valore porta a porta (questo punto è chiamato processo pacemaker). Ad esempio, le fluttuazioni del volume di produzione nel processo pacemaker influenzano i requisiti di capacità nei processi a monte. Pertanto, la selezione di questo punto di programmazione determina anche quali elementi del flusso di valore diventano parte del tempo di consegna dall'ordine del cliente al prodotto finito. Si noti che i trasferimenti di materiali dal processo pacemaker a valle verso i prodotti finiti, devono verificarsi come un flusso (nessun supermarket o sistema pull a valle del processo pacemaker). Per questo motivo, il processo pacemaker è spesso il più a valle processo a flusso continuo nel flusso di valore door-to-door. Sulla mappa dello stato futuro il pacemaker è il processo di produzione controllato dagli ordini del cliente.

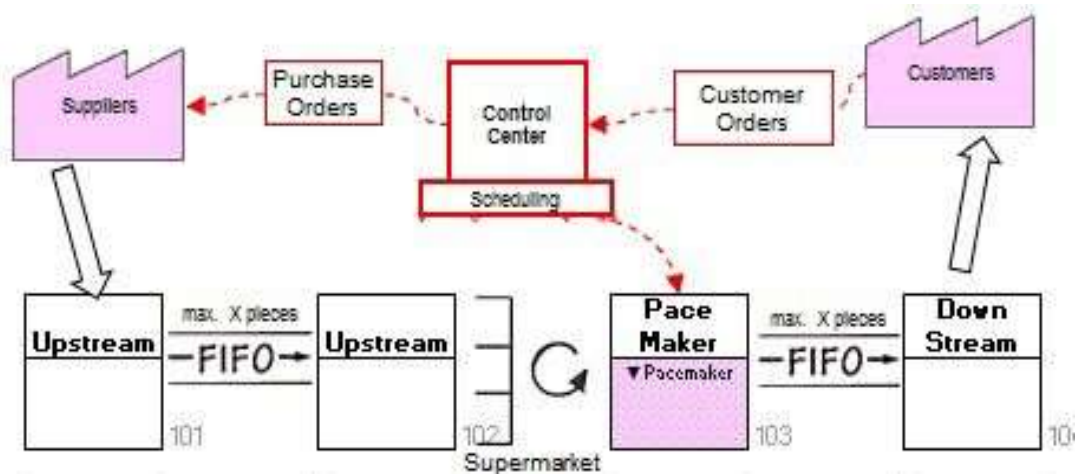


Figure 3 Pacemaker Process

➤ **Distribuire la produzione di diversi prodotti in modo uniforme nel tempo al processo pacemaker. (Livellare il mix di produzione)**

La maggior parte dei reparti di assemblaggio probabilmente trovano più facile programmare lunghi percorsi di un'unica tipologia di prodotto ed evitare i changeovers, ma questo crea seri problemi per il resto del flusso di valore.

Raggruppare gli stessi prodotti e produrli tutti contemporaneamente rende difficile servire i clienti che vogliono qualcosa di diverso dal lotto prodotto in quel momento. Questo richiede di avere più magazzini di prodotti finiti, nella speranza che si avrà a portata di mano ciò che un cliente vuole, o più tempo di consegna per soddisfare un ordine.

Livellare il mix di prodotti significa distribuire la produzione di diversi prodotti in modo uniforme su un periodo di tempo. Ad esempio, invece di assemblare tutti i prodotti "Tipo A" al mattino e tutti i "Tipo B" nel pomeriggio, livellare significa alternare ripetutamente tra lotti più piccoli di "A" e "B". Più si livella il mix di prodotti al processo pacemaker, più si sarà in grado di rispondere alle diverse esigenze dei clienti con un breve lasso di tempo, tenendo pochi prodotti finiti in magazzino. Questo permette anche ai supermercati a monte di essere più piccoli. L'icona per il livellamento è questo simbolo, che fa parte del flusso di informazioni in un loop Kanban.



➤ **Livellare il volume di produzione**

Stabilire un ritmo di produzione costante o livellato crea un flusso di produzione prevedibile, che per sua natura sottolinea i problemi e permette di intraprendere azioni correttive rapide. Un buon punto di partenza è quello di rilasciare regolarmente solo una piccola, consistente quantità di istruzioni di produzione al processo pacemaker, e



contemporaneamente togliere una quantità uguale di prodotti finiti. Quest'azione viene chiamata "paced withdrawal". Inoltre con Pitch viene chiamato un consistente incremento di lavoro e spesso si calcola l'incremento in base alla quantità del container di prodotti impacchettati (il numero di parti che un contenitore finito detiene), o a un multiplo o una frazione di tale quantità. Quindi in questo caso Pitch significa moltiplicare il "Takt time" a monte di un trasferimento di una quantità di prodotto finito al processo pacemaker. Questo diventa quindi l'unità di base del programma di produzione per una famiglia di prodotti.

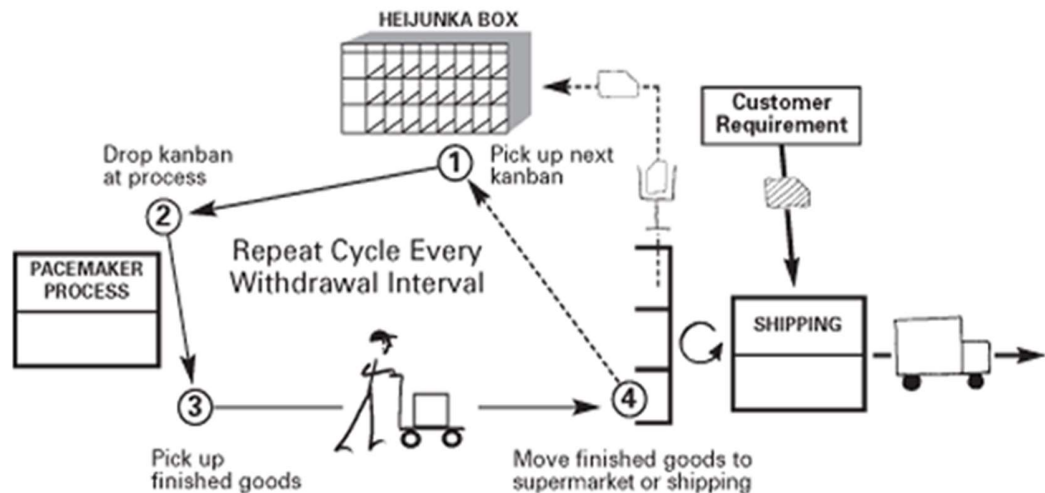
Tuttavia, se si sta programmando e controllando la produzione ad ogni pitch, allora si può rapidamente rispondere ai problemi e mantenere il "Takt time". Così come non si vuole trasferire materiale in grandi lotti, non vogliamo nemmeno trasferire istruzioni di produzione (informazioni) in grandi lotti.

Ci sono molti modi per praticare uno paced withdrawal di piccole, consistenti quantità di lavoro. Uno strumento utilizzato in alcune aziende per aiutare a livellare sia il mix che il volume di produzione è una box di livellamento della merce (o Heijunka). Una scatola di livellamento della merce ha una colonna di slot Kanban per ogni intervallo di pitch e una fila di slot Kanban per ogni tipo di prodotto. In questo sistema Kanban indica non solo la quantità da produrre, ma anche quanto tempo ci vuole per produrre tale quantità (basata sul take time). I kanban sono posizionati (caricati) nella box di livellamento nella sequenza del mix desiderata per tipo di prodotto.

	07.00	07.20	07.40	08.00	08.20	08.40	09.00
Type A	1 Green	1 Green	1 Green	1 Green	1 Green	1 Green	1 Green
Type B	2 Yellow	2 Yellow	2 Yellow	2 Yellow	2 Yellow	2 Yellow	2 Yellow
Type C	1 Orange			1 Orange			1 Orange
Type D		1 Blue	1 Blue		1 Blue	1 Blue	

Figure 4 Kanban

Chi gestisce il flusso del materiale ritira poi quei Kanban e li porta al processo pacemaker uno alla volta, all'incremento del pitch. L'icona per livellare il ritmo di produzione è lo stesso simbolo di livellamento del mix, perché un prerequisito per la produzione lean è che sia il mix che il volume di produzione siano livellati.



- **Sviluppare la capacità di fare ogni tot parti ogni giorno (poi ogni turno, poi ogni ora o pallet o passo) nei processi di fabbricazione a monte del processo pacemaker.**

Accorciando i tempi di changeover e eseguendo lotti più piccoli nei processi di fabbricazione a monte, questi processi saranno in grado di rispondere alle mutevoli esigenze a valle più rapidamente. A loro volta richiederanno ancora meno scorte da tenere nei loro supermarkets. Ciò vale sia per le industrie manifatturiere che per quelle di processo. In generale, riportiamo le dimensioni dei lotti o "EPE" nelle caselle dati. EPE sta per "Every Part Every" dopo di che si scrive un intervallo temporale come ad esempio settimana, giorno, turno, ora, pitch, o Takt. Questo descrive la frequenza con cui un processo cambia per produrre tutte le variazioni del pezzo. Un obiettivo iniziale

comune a molti reparti è di fare almeno "ogni parte ogni giorno" per l'elevato numero di parti.

## **2.2 La mappa dello stato del futuro**

Lo scopo della value stream mapping è quello di evidenziare le fonti degli sprechi e di eliminarli attraverso l'implementazione di un flusso di valore dello stato futuro che può diventare una realtà entro un breve periodo di tempo. L'obiettivo è quello di costruire una catena di produzione in cui i singoli processi sono collegati a quelli dei loro clienti o tramite un flusso continuo o tramite uno pull, e che ogni processo si avvicini il più possibile alla produzione solo di ciò che i suoi clienti hanno bisogno, quando ne hanno bisogno. Lavorando all'interno di una facility esistente con un prodotto e un processo esistente, alcuni degli sprechi in un flusso di valore sarà il risultato della progettazione del prodotto, delle macchine di processo già acquistate, e della localizzazione remota di alcune attività. Queste caratteristiche dello stato attuale probabilmente non possono essere modificate immediatamente. A meno che non ci si ritrova di fronte all'introduzione di un nuovo prodotto, la prima iterazione della mappa dello stato futuro dovrebbe prendere i disegni del prodotto, le tecnologie di processo e le posizioni dell'impianto produttivo come dati e cercare di rimuovere il più rapidamente possibile tutte le fonti degli sprechi non causati da queste caratteristiche.

Quindi vado a mappare (disegnare) lo stato futuro considerando le caratteristiche definite nel paragrafo precedente.

La mappatura del flusso di valore è solo uno strumento. A meno che non si raggiunga lo stato futuro che si è disegnato, e si raggiungano parti di esso entro un breve periodo di tempo, le mappe di flusso di valore sono quasi inutili.

## ❖ **Suddividere implementazione in fasi**

Una mappa del flusso di valore guarda l'intero flusso attraverso la facility, rispetto alla sola area di processo individuale, e nella maggior parte dei casi non sarà possibile implementare l'intero concetto di stato futuro in una sola volta. Forse il punto più importante del piano di implementazione dello stato futuro non è di considerarlo come l'attuazione di una serie di tecniche, ma di immaginarlo come un processo di costruzione di una serie di flussi connessi per una famiglia di prodotti. Per far ciò ci si aiuta attraverso i "value stream loops.":

- Il Pacemaker Loop: comprende il flusso di materiale e informazioni tra il cliente e il processo pacemaker. Questo è il loop più a valle all'interno dell'impianto produttivo, e la sua gestione influisce su tutti i processi a monte in quel flusso di valore.
- Loop aggiuntivi: A monte del loop pacemaker ci sono i loop di flusso di materiale e di flusso di informazioni tra i processi pull. Cioè, ogni supermarket basato sul sistema pull nel flusso di valore di solito corrisponde alla fine di un altro ciclo.

## ❖ **The Value Stream Plan (Il piano di flusso del valore)**

La mappa dello stato futuro mostra dove si vuole arrivare. Ora è necessario creare uno value stream plan annuale. Questo piano mostra:

- esattamente ciò che si prevede di fare entro quando e passo-passo;
- obiettivi misurabili
- punti di controllo chiari con scadenze reali e revisori nominati.

Una strategia efficace è quella di iniziare ad implementare nel ciclo "pacemaker" a valle ed effettuare la transizione a monte, se necessario. Il pacemaker loop, essendo il più vicino al cliente finale, agisce come il "cliente" interno e controlla la domanda nei loop a monte. Non appena il flusso nel pacemaker diventerà più snello e consistente rivelerà i problemi a monte che hanno bisogno di attenzione. Tuttavia, la strategia di "spostarsi a monte" non

preclude l'implementazione simultanea degli obiettivi dello stato futuro in più di un ciclo di flusso di valore.

In particolare, i miglioramenti in un ciclo spesso seguono questo schema:

1. Sviluppare un flusso continuo basato sul "Takt time".
2. Creare un sistema pull per controllare la produzione.
3. Introdurre il livellamento.
4. Praticare la filosofia Kaizen per eliminare continuamente gli sprechi, ridurre le dimensioni dei lotti, ridurre i supermarkets ed estendere il range del flusso continuo.

Il flusso continuo con uno spreco minimo significa eliminare la sovrapproduzione, il che implica che si devono standardizzare gli elementi di lavoro in modo che la produzione sia coerente e prevedibile per il "Takt time". Un sistema pull è quindi necessario come mezzo per dare istruzioni di produzione al flusso (e per dare il via all'intera sequenza di produzione a partire dal cliente nel caso del loop pacemaker). Infine, si ha bisogno di livellamento per raggiungere un flusso snello ogniqualvolta si dispone di più prodotti, semplicemente perché la mancanza di livellamento significherebbe produrre ancora a lotti di prodotti differenti. Anche se si produce un solo prodotto, è comunque necessario livellare il volume di produzione.

È inoltre possibile utilizzare il piano di flusso di valore annuale per valutare le prestazioni di produzione trimestralmente o mensilmente come metodo chiave di valutazione delle prestazioni. Prima di una revisione, il gestore del flusso di valore dovrebbe valutare onestamente ogni obiettivo di attuazione come da target (O), leggermente indietro ( $\Delta$ ), o senza successo (X). La chiave per un'efficace revisione dei progressi è "gestire le eccezioni", ovvero durante la revisione non concentrarsi prima su ciò che è stato realizzato, ma sugli elementi X e, se il tempo restante è sufficiente, sugli elementi  $\Delta$ . L'idea alla base di una revisione del flusso di valore è qualcosa che chiamiamo "plan-based trial-and-error", che si riferisce alla fusione di due processi di pensiero di solito opposti: "plan-based" e "trial-and-error."

### 3. PROCESSO PACEMAKER

Processo Pacemaker - è un processo o una fase del processo in cui la produzione è programmata. Diverse fasi (all'interno di un processo) hanno tempi di ciclo diversi che portano alla generazione di inventario (un rifiuto). Un pacemaker aiuta a stabilizzare il tasso di produzione e la riduzione dell'inventario nel processo complessivo. Ha le seguenti caratteristiche.

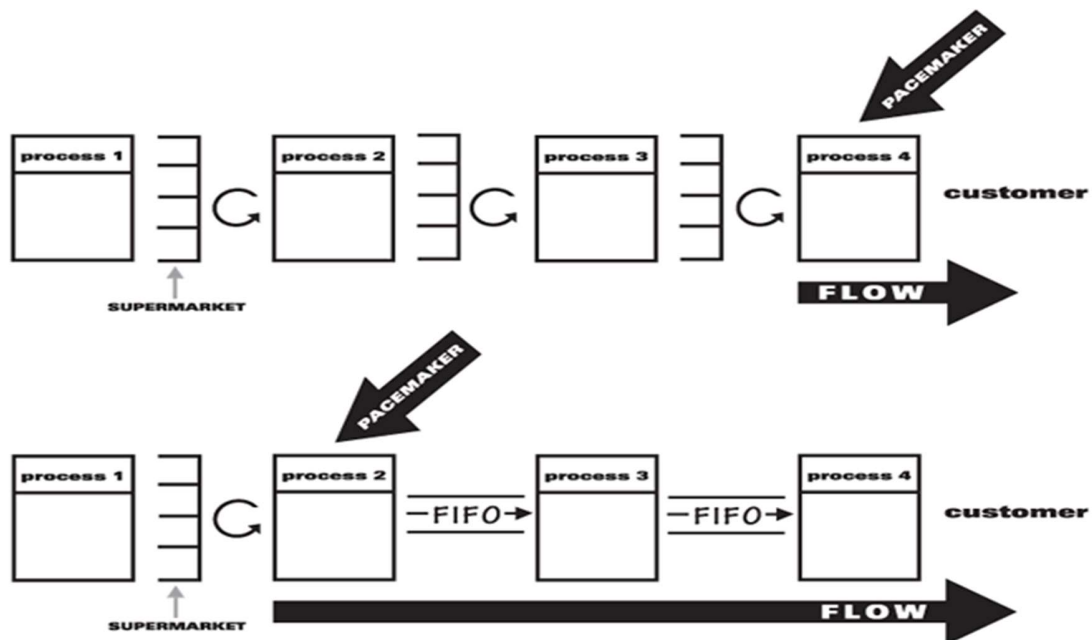


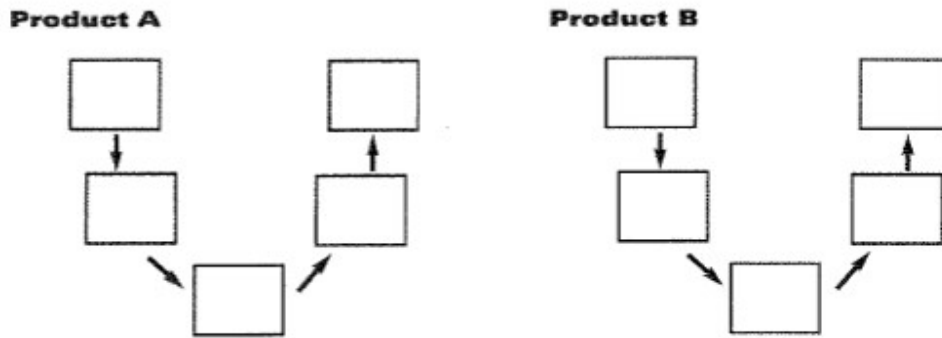
Figure 5 Pacemaker Process

#### ➤ La scelta dei prodotti da produrre nel pacemaker.

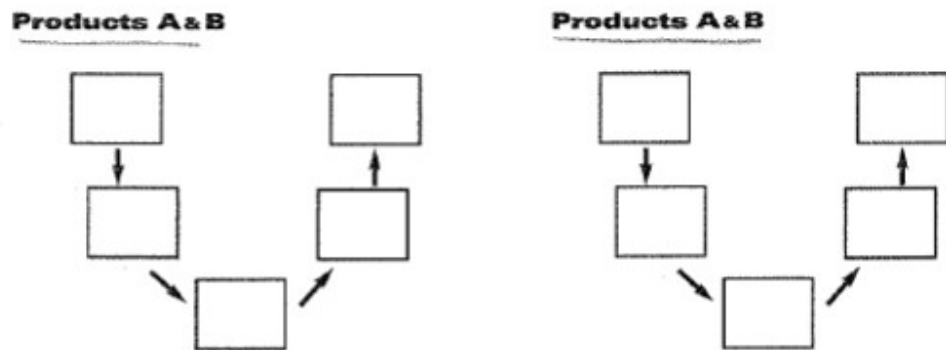
È necessario riflettere attentamente sui prodotti giusti da assegnare al processo pacemaker; perciò, ci sono alcune linee guida che dobbiamo prendere in considerazione:

##### 1. Flessibilità.

A volte la domanda è abbastanza alta da consentire di dedicare singoli prodotti alle proprie celle o linee come questa:



Tuttavia, se la domanda tra i prodotti gira e si possono mantenere i tempi di sostituzione brevi, è spesso meglio condividere prodotti tra celle di modello misto come questo:



La capacità totale è la stessa in entrambi i casi, ma la capacità di ciascun processo di far fronte alle variazioni della domanda tra i due prodotti è molto maggiore nel secondo caso. La domanda per un prodotto all'interno di una famiglia può variare, mentre la domanda per un'intera famiglia di prodotti è spesso più stabile.

## 2. Variazione del contenuto totale del lavoro.

Il contenuto totale di lavoro --- che è il tempo di lavorazione di un pezzo dall'inizio alla fine -- non dovrebbe variare di oltre il 30% tra i diversi elementi finali elaborati nella cella, soprattutto quando viene utilizzato un trasportatore mobile. Quando il

contenuto del lavoro varia troppo diventa difficile mantenere il flusso e la produttività. In questi casi si può voler dividere la cella o assegnare alcuni elementi finali rari o a basso volume ad altre celle.

### **3. Affinità delle fasi di lavorazione e delle attrezzature.**

Quando i passaggi necessari per costruire diversi prodotti all'interno della cella variano troppo (cioè quando alcuni prodotti saltano alcune fasi di lavorazione) gli operatori dovranno "cambiare marcia" ogni volta che cambiano per assemblare una variante del prodotto. Questo riduce la produttività e aumenta la possibilità di problemi di qualità. Ancora una volta, a volte è meglio produrre varianti con fasi di elaborazione marcatamente diverse in celle diverse.

### **4. Takt Time (Ritmo di produzione).**

Takt Time è il tasso a cui i clienti richiedono unità finite. È determinato dividendo il tempo di produzione totale disponibile per turno per il tasso di domanda del cliente per turno. Come linea guida generale, quando il tempo di Takt per una cella scende sotto dieci secondi i lavori degli operatori possono diventare altamente ripetitivi e stressanti. Quando l'elevata domanda richiede Takt Time molto brevi si dovrebbe considerare l'utilizzo di più celle, possibilmente affiancate, invece di una singola cella ad alta velocità. Al contrario, quando il tempo Takt rallenta a più di 120 secondi, il numero di elementi di lavoro a volte diventa così alto che i movimenti di lavoro possono essere difficili da standardizzare. In questi casi considerare l'aggiunta di ulteriori ma simili elementi finali alla cella per abbassare il tempo Takt.

### **5. Il cliente.**

Quando i clienti per un prodotto sono ampiamente dispersi geograficamente, può avere senso dividere il lavoro in più linee, ciascuna situata vicino a un cliente diverso. Ciò ha senso soprattutto quando i costi di spedizione e i dazi per le unità finite sono elevati, quando vi sono potenziali perdite di cambio, quando i tempi di



consegna per i componenti sono lunghi o quando l'infrastruttura locale è disponibile a costi ragionevoli.

➤ **Determinare il Takt Time**

Dopo aver deciso quali prodotti produrre nel pacemaker, il prossimo compito è dunque quello di determinare il tempo Takt. Quest'ultimo è un numero di riferimento che viene utilizzato per aiutare ad abbinare il tasso di produzione in un processo pacemaker al tasso di vendite.

$$\frac{\text{Time Available}}{\text{Demand}} = \text{Takt Time}$$

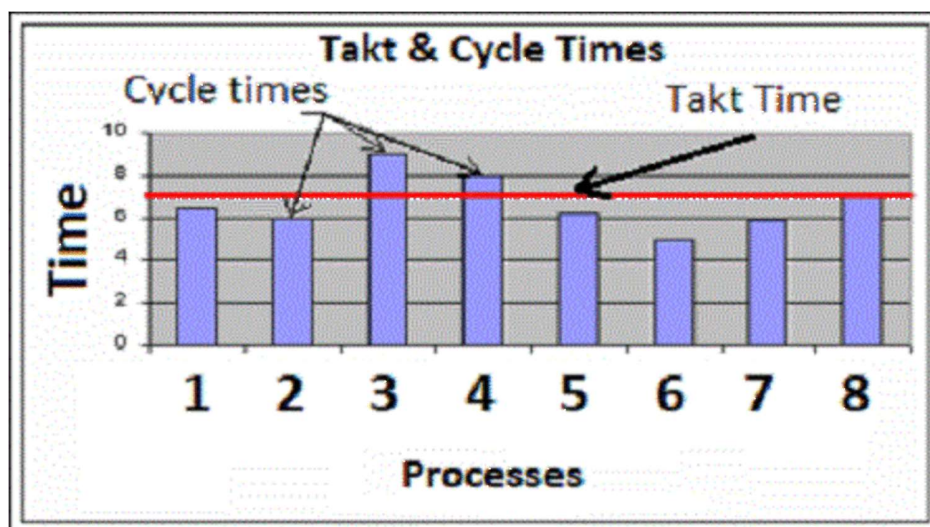
Le vendite sono di solito calcolate su base giornaliera o settimanale, ma la maggior parte dei processi pacemaker sono in realtà in esecuzione solo di qualche frazione di ogni giorno o settimana. Poiché lo scopo del Takt time è quello di accelerare la produzione effettiva, la cosa più sensata da fare è dividere il numero di prodotti richiesti giornalmente o settimanalmente nel numero di turni effettuati in quel periodo di tempo per determinare la domanda per turno di produzione. Una volta conosciuta la domanda per turno, l'ultima fase del calcolo del tempo di attesa consiste nel dividere questo numero nel l'orario di lavoro effettivo per turno. Questo è l'orario di inizio-arresto del turno meno eventuali interruzioni programmate dell'operatore, riunioni, pulizie, ecc.

Per picchi occasionali nella domanda è generalmente meglio operare in un tempo Takt costante e tenere una scorta di sicurezza di prodotti finiti o eseguire alcuni straordinari giornalieri per garantire la capacità di servire il cliente. Cambiare il Takt time di giorno in giorno è inefficiente, interrompe il ritmo di lavoro e aumenta il potenziale di problemi di qualità.

Infine, per quanto riguarda la domanda futura di nuovi prodotti, può essere difficile fare previsioni precise con considerevole anticipo. Quando la domanda futura è incerta può essere più saggio aggiungere capacità step by step, piuttosto che progettare il pacemaker ora per un aumento della domanda che può non avvenire.

### Cycle Time

Il tempo di ciclo è la frequenza con cui un'unità finita si stacca dalla fine del pacemaker. Spesso ci sono processi che vengono gestiti in tempi di ciclo più veloci di Takt time. Tuttavia, quando si pedala in modo cronico molto più velocemente, si aumentano le possibilità di sovrapproduzione e si potrebbero utilizzare operatori aggiuntivi.



*Takt & Cycle Times*

### Setting the Pace

Ricordando che il tempo Takt è la domanda del cliente (che non puoi cambiare) diviso in tempo di produzione disponibile (che puoi cambiare), è possibile regolare:

- a) Il tempo di produzione disponibile, il numero o la durata dei turni.
- b) Il numero dei componenti finali prodotti in una cella.
- c) Il numero di celle che compongono un particolare componente finale.

Il ritmo di produzione è una delle considerazioni più critiche per la progettazione dei processi; perciò, spesso ci sono alcune scelte da fare:

- In alcuni casi è più facile e meno costoso gestire un solo turno, in particolare se eseguire un secondo turno significa una struttura di supporto extra e pagare gli straordinari notturni.
- Le dimensioni, il peso e la complessità di un prodotto possono influenzare il tempo di ciclo e il numero di movimenti per ogni operatore. Quando gli operatori stanno lavorando su prodotti più grandi, più pesanti o più complessi, può essere meglio lavorare con un Takt time più lungo e assegnare più elementi di lavoro ad ogni operatore.
- Con l'introduzione di nuovi prodotti, si possono ottenere notevoli risparmi in termini di investimenti di capitale aggiungendoli alle celle esistenti anziché costruire ulteriori celle. Ciò farà diminuire il tempo di Takt per quelle celle.
- Quando si lancia una nuova cella, è spesso meglio utilizzare uno "stock di sicurezza" temporaneo e tenuto separatamente di prodotti finiti specifici per proteggere il cliente e per impostare il tempo di ciclo solo leggermente più veloce del takt time.

➤ **Stabilire gli elementi di lavoro per sviluppare un pezzo.**

Un elemento di lavoro può essere definito come "il più piccolo incremento di lavoro che potrebbe essere spostato ad un'altra persona". Dividere sempre il lavoro in elementi, aiuta a identificare ed eliminare gli sprechi che altrimenti sono sepolti nel ciclo totale

dell'operatore.

### Process Study Sheet

Process Study	Process:	Product:	Observer:	Date/Time:	Page /									
Process Steps	Work Element	OPERATOR										MACHINE Cycle Time	Notes	
		Observed Times												Repeatable
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			

È possibile completare un modulo di studio del processo solo osservando attentamente e ripetutamente il lavoro effettivo. Osservando il lavoro, si scoprirà probabilmente che gli operatori lo eseguono in modo leggermente diverso da un ciclo all'altro.

### Paper Kaizen

Mentre si osservano e registrano gli elementi di lavoro, bisogna cominciare a vedere gli sprechi. In quanto gli operatori percorrono distanze considerevoli per ottenere parti o attesa durante il ciclo delle macchine. Nel completamento del modulo di studio di processo, è importante non includere tutte le perdite evidenti come elementi di lavoro, in quanto non fanno parte del lavoro che deve essere fatto e un obiettivo del processo di progettazione è quello di eliminarli. Questo approccio di eliminare immediatamente i passi inutili, viene chiamato "paper kaizen" perché appunto si eliminano alcuni sprechi prendendo nota su un pezzo di carta prima che il processo venga messo in atto.

Le linee guide per eseguire il “paper kaizen” sono le seguenti:

- 1) Non considerare alcun spostamento come elemento di lavoro, poiché la quantità effettiva di spostamenti a piedi nel nuovo progetto di processo è sconosciuta e sarà ridotta al minimo.
- 2) Non considerare il lavoro fuori ciclo per gli operatori come elementi di lavoro, in quanto distrugge il flusso continuo e rende impossibile mantenere una produzione efficiente e coerente al tempo di takt.
- 3) Non considerare gli operatori che attendono il ciclo delle macchine come elemento di lavoro, poiché è puro spreco e deve essere eliminato. È fondamentale separare sempre il lavoro delle macchine dal lavoro delle persone, in quanto va bene che le macchine finiscano il ciclo e rimangano inattive fino al rientro dell'operatore nel prossimo takt cycle, ma un operatore non dovrebbe mai aspettare una macchina. Occorre sviluppare le celle in modo da permettere agli operatori di caricare una macchina, avviarla e passare alla stazione di lavoro successiva mentre la macchina è in funzione.
- 4) Non considerare il tempo per la rimozione dei pezzi finiti dalle macchine laddove si ritiene che possa essere introdotta un'uscita automatica. Quando un operatore ritorna ad una macchina nel successivo takt cycle, dovrebbe idealmente trovare un'attrezzatura aperta e vuota in cui il pezzo successivo da lavorare possa essere caricato. Fermarsi per rimuovere i pezzi prima che un altro pezzo possa essere caricato aggiunge ulteriore manipolazione e spreco.

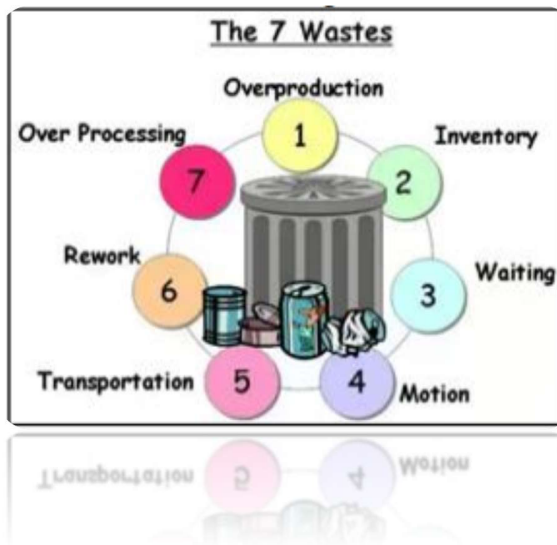


Figure 6 Wastes

➤ **Determinare il tempo effettivo richiesto per ogni elemento di lavoro.**

Per raccogliere tempi accurati per ogni elemento di lavoro, è necessario evitare l'utilizzo dei dati di tempo standard o tabelle di tempo e movimento perché non catturano la realtà attuale dell'officina. Allo stesso modo, evitare di fare affidamento sui dati dello studio del tempo (utili se si sta progettando un processo completamente nuovo e non è possibile osservare gli elementi reali) in archivio nell'ufficio tecnico. Perciò raccogliere le informazioni sul posto aiuterà a capire la situazione reale e a vedere gli sprechi che altrimenti rimarrebbero nascosti.

Occorre cronometrare ogni elemento di lavoro separatamente, non il tempo totale richiesto da un operatore per eseguire una sequenza di elementi di lavoro. Questo perché il tempo totale per una sequenza includerà il tempo sprecato (in particolare l'attesa) tra gli elementi di lavoro che non dovrebbero essere contati come lavoro. Una volta cronometrato i singoli elementi, è necessario cronometrare il ciclo di lavoro completo dell'operatore dall'inizio alla fine. Questo tempo sarà quasi invariabilmente

superiore alla somma degli elementi di lavoro. La differenza è il tempo di attesa sprecato tra gli elementi. Si dovrebbe inoltre cronometrare un operatore esperto che è pienamente qualificato per eseguire il lavoro, ma non il più veloce o il più lento. Poi, dopo aver cronometrato molti cicli di ogni elemento di lavoro, selezionare il tempo più basso ripetibile in modo coerente per ogni elemento. Mentre si registrano i tempi per ogni elemento di lavoro sul modulo di studio del processo, è necessario far attenzione a separare sempre il tempo di lavoro dell'operatore dal tempo di ciclo della macchina.

Nel momento in cui l'operatore rimane alla macchina e la ricarica non appena ha finito il suo ciclo, non si ha un guadagno. Perciò, l'operatore può eseguire un altro lavoro che crea valore durante il ciclo e tornare alla macchina per ricaricarla qualche tempo dopo che ha finito il ciclo.

### **Operator Balance Chart (OBC)**

Una volta ottenuti gli elementi e i tempi di lavoro, si può ora creare uno strumento criticamente utile, l'Operator Balance Chart. L'OBC è un'immagine della distribuzione del lavoro tra gli operatori in relazione al takt time, basata su dati reali osservati e registrati personalmente. Tale strumento per aiuta a capire, creare, gestire e migliorare il flusso continuo.

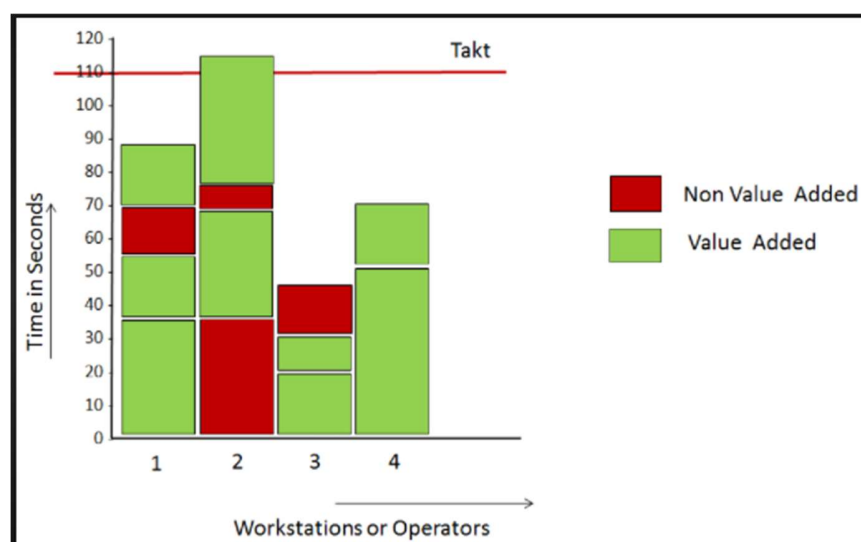


Figure 7 Takt time

## 4. MACHINES, MATERIAL AND LAYOUT FOR FLOW

I processi di produzione di qualsiasi tipo richiedono la coordinazione di Uomo, Macchine, Materiali e Metodo (comunemente chiamate 'Le Quattro M'). Nella parte precedente di Creating Continuous Flow abbiamo parlato dell'Uomo (o più precisamente delle Persone) in termini di elementi di lavoro. Ora che gli elementi di lavoro sono stati identificati e cronometrati, andiamo a rivolgere l'attenzione alla disposizione delle macchine e delle postazioni di lavoro (Macchine), del sistema di gestione dei materiali e degli apparati (Materiali), in un modo che permette il flusso continuo.

### ➤ **Valutare (osservare) se le macchine rispettano effettivamente il takt time.**

Per fare questo ogni macchina deve essere in grado di completare il suo ciclo su ogni pezzo entro il tempo di takt. Infatti, come vedremo tra un momento, il "tempo di ciclo effettivo" di ogni macchina dovrebbe essere considerevolmente inferiore al tempo di takt se si vuole ottenere un flusso continuo.

Per "tempo di ciclo effettivo della macchina" si intende:

tempo di ciclo macchina per pezzo

+ tempo di carico e scarico (durante il quale la macchina non può eseguire il ciclo)

+ tempo di cambio formato diviso per il numero di pezzi tra un cambio e l'altro.

Se la domanda dovesse aumentare (il che significa che il tempo di lavorazione diminuisce) o se le macchine non fossero completamente capaci (cioè in grado di fare un buon pezzo ad ogni ciclo), o completamente disponibili (cioè in grado di fare un



ciclo ogni volta che viene loro richiesto) allora l'assemblaggio potrebbe facilmente diventare un collo di bottiglia. In un mondo in cui le macchine non sono completamente capaci o disponibili e la domanda cambia, è meglio puntare a tempi di ciclo effettivi per ogni macchina nella cella a non più dell'80% del takt time più veloce (il più alto volume). Questo assicura che gli operatori non debbano aspettare che le macchine finiscano di lavorare. Fornisce anche un po' di capacità extra per ospitare alcuni aumenti della domanda senza la necessità di aggiungere attrezzature o pagare grandi straordinari.

E se alcune macchine non riescono a rispettare il takt time con un margine del 20%, si considera una serie di opzioni:

- Kaizen il processo di carico, avvio e scarico.
- Eliminare gli sprechi nel ciclo della macchina stessa per ridurre il tempo.
- Dividere alcuni dei compiti che una macchina collo di bottiglia esegue e usare più di una macchina per eseguirli. Usare macchine più semplici o a compito singolo che funzionano simultaneamente con tempi di ciclo più brevi.
- Installare due macchine dello stesso tipo nel punto di collo di bottiglia della cella e alternarle ad ogni ciclo.
- Creare due celle invece di una. Questo può essere particolarmente appropriato quando ci sono vantaggi nel collocare celle di pacemaker separate vicino a clienti diversi.

Infine, se tutto il resto fallisce:

- Rimuovere l'attrezzatura collo di bottiglia dalla cella e farla funzionare disaccoppiata dal pacemaker in una modalità batch. Normalmente questo richiederà di stabilire un sistema di pull del supermercato per regolare la produzione dell'attrezzatura disaccoppiata.

## **Nuovi macchinari/Incrementi capacità**

La questione, legata ai tempi di ciclo delle macchine, è se si sceglie di progettare nella direzione di una o poche "super macchine" complesse che eseguono molte attività con tempi di ciclo totali relativamente lunghi, oppure si opta per una serie di macchine semplici che eseguono ciascuna solo una o poche fasi di lavorazione con tempi di ciclo brevi. Poiché il tempo di ciclo di una macchina multifunzione sarà più lungo, la sua capacità sarà inferiore a quella di una serie di macchine a funzione singola, ciascuna con un ciclo più rapido.

I tassi di domanda e i portafogli di prodotti possono cambiare frequentemente, anche in industrie stabili. Per questo motivo è spesso vantaggioso comprare o costruire un certo numero di macchine semplici che girano velocemente. Questi tipi di macchine forniscono ad ogni cella una maggiore flessibilità per rispondere al cambiamento.

## **Flessibilità limitata delle macchine multifunzione**

Se un processo utilizza una serie di macchine semplici che fanno ogni ciclo in dieci secondi, la cella o la linea ha la capacità di gestire gli aumenti della domanda e i prodotti aggiuntivi senza comprare altre attrezzature. E la capacità può essere aggiunta in incrementi di soli dieci secondi. Le macchine a funzione singola tendono anche ad essere più affidabili e meno costose delle grandi macchine multifunzione. Inoltre, i tempi di approvvigionamento sono più brevi. In effetti si è in grado di progettare e costruire queste semplici macchine da soli!

## **Massimizzare l'utilizzo delle macchine o delle persone**

Gli elementi fisici della produzione sono persone, macchine e i materiali. Ci sono dei compromessi tra questi elementi quando si progetta un processo. Se si cerca di massimizzare l'utilizzo di un elemento, l'utilizzo degli altri due tende a diminuire.

Se si cerca di massimizzare l'utilizzo delle macchine, facendole funzionare costantemente il più velocemente possibile, ci sarà il bisogno di persone extra per far funzionare le macchine tutto il tempo. Sarà necessario di materiale extra tra un processo

e l'altro per coprire i problemi e mantenere le macchine in funzione. Allo stesso modo, se si cerca di massimizzare l'utilizzo del materiale, non avendo virtualmente nessun inventario a portata di mano, avremo bisogno di persone e attrezzature extra per gestire le fluttuazioni della domanda e i guasti.

Ciò significa che nelle celle e nelle linee di pacemaker si dovrebbe progettare il contenuto del lavoro dell'operatore non semplicemente per massimizzare l'utilizzo delle attrezzature, ma per il miglior utilizzo dell'operatore. A volte può sembrare che questo sottoutilizzi l'attrezzatura, che rimane inattiva per un certo tempo durante ogni intervallo di takt, ma produrre più velocemente del takt è una sovrapproduzione, il peggior spreco di tutti.

### ➤ **Valutare quanta automatizzazione**

È possibile utilizzare l'automazione per ottenere un flusso continuo efficiente e flessibile di materiale. Ma progettata o usata nel modo sbagliato, l'automazione può anche ostacolare il flusso. Per evitare questo è necessario considerare come il flusso di materiale e il flusso dell'operatore interagiranno l'uno con l'altro.

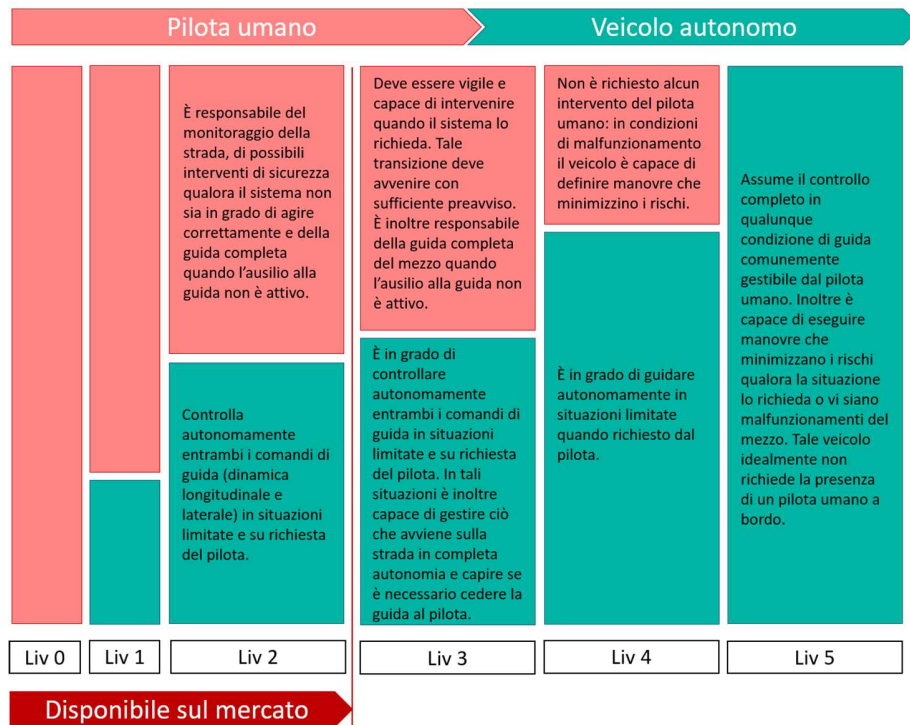


Figure 8 Livelli Automazione

Quando l'operatore aspetta alla macchina mentre questa esegue il ciclo, l'operatore sta lavorando per la macchina. Invece quando l'operatore si sposta per eseguire elementi di lavoro successivi mentre una macchina è in funzione, la macchina sta lavorando per l'operatore.

Per permettere agli operatori di andare avanti e aggiungere valore mentre una macchina lavora, è fondamentale avere almeno il livello 2 di automazione nella cella. Questo permette alle macchine di completare automaticamente il loro ciclo una volta avviate, senza bisogno di ulteriore attenzione umana.

Quando l'operatore sta lavorando per la macchina, si verifica lo spreco, in questi casi gli ingegneri devono sviluppare dei sensori che individuano i problemi, avvisano qualcuno e, se necessario, fermano anche automaticamente la macchina. Poi le persone vengono alla macchina solo quando sono veramente necessarie. Il costo di semplici sensori per

rilevare i problemi è quasi sempre molto inferiore al costo di tenere un operatore alla macchina. E l'ispezione umana non è mai efficace al 100%.

### **Gestione multi-processo evitando l'attesa**

Avere un ciclo di macchina incustodito mentre l'operatore sposta il pezzo finito alla macchina successiva significa che un pezzo di inventario 'standard work-in-process' viene lasciato nella macchina. I pezzi vengono lavorati un pezzo alla volta, ma l'unico pezzo di 'WIP standard' libera gli operatori dalle macchine. Durante il funzionamento quotidiano della cella il supervisore o il caposquadra dovrà assicurarsi regolarmente che questi pezzi di WIP standard siano al loro posto o il flusso efficiente si interromperà.

Una protezione adeguata della macchina deve essere presente quando le macchine sono in grado di girare senza che le mani dell'operatore rimangano sull'interruttore. Cercare modi per configurare i dispositivi di sicurezza in modo che non interferiscano con il movimento fluido dell'operatore.

### **L'automazione di livello 2 potrebbe non essere sufficiente**

L'automazione di livello 2 funziona bene quando i pezzi possono essere scaricati e caricati con una sola mano. Tuttavia, c'è un problema quando i pezzi in lavorazione richiedono entrambe le mani per scaricare e caricare.

La doppia manipolazione significa che molti processi di pacemaker hanno bisogno dell'automazione di livello 3 per ottenere un flusso continuo efficiente. L'automazione di livello 3 significa che il pezzo finito viene automaticamente espulso dalla macchina alla fine del ciclo. Di conseguenza, la macchina presenta un 'nido vuoto' ogni volta che l'operatore ritorna con un nuovo pezzo. Un nuovo pezzo può essere caricato senza dover gestire due volte entrambi i pezzi. Poiché in genere non è richiesta una grande precisione per espellere un pezzo, l'automazione di livello 3 è di solito abbastanza economica.

Un punto interessante nella tabella dei livelli di automazione è che quando si va oltre il livello 3 di automazione al livello 4 o 5 di automazione i costi di capitale e la

complessità tecnica aumentano drasticamente. Caricare correttamente i pezzi è facile per gli esseri umani, ma può richiedere tecnologie delicate per l'automazione. Allo stesso modo, il trasferimento automatico dei pezzi può richiedere robot o linee di trasferimento. Questo può sembrare attraente sulla carta, ma la "complessità spesso riduce l'affidabilità del processo del 70%.

➤ **Organizzare il processo fisico in modo che una persona possa realizzare un pezzo nel modo più efficiente possibile.**

Quando si progetta un processo in modo che una persona possa muoversi attraverso di esso ed eseguire in modo efficiente tutti gli elementi di lavoro, si progetta automaticamente un processo che evita isole isolate di attività, riduce al minimo l'accumulo di scorte tra i processi, elimina l'eccesso di camminate, rimuove gli ostacoli nei percorsi a piedi e porta le fasi di creazione di valore guidate dalle persone il più vicino possibile l'una all'altra.

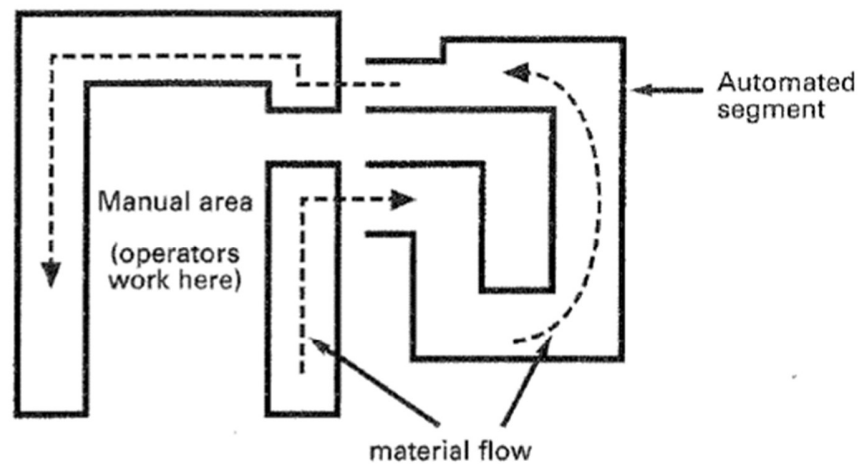
Per organizzare le macchine e le stazioni di lavoro in modo che gli operatori possano eseguire i loro elementi di lavoro nel modo più efficiente possibile, ci sono delle linee guida. Tra queste linee guida c'è che le macchine e le postazioni di lavoro dovrebbero essere vicine e che la larghezza interna di una cella dovrebbe essere mantenuta a circa un metro e mezzo, se possibile. Con questo in mente, molte celle finiscono naturalmente in una stretta forma a U. Più stazioni di lavoro o macchine ci sono nella cella, più lunga è la U. Naturalmente, ci sono spesso problemi di presentazione del prodotto, della macchina o del pezzo che influenzano il design della cella e quindi sono possibili molte forme diverse di celle.

Andiamo a vedere più in dettaglio le linee guida per la disposizione delle celle:

- 📦 Posizionare le macchine e le postazioni di lavoro vicine per ridurre al minimo la distanza a piedi.
- 📦 Rimuovere gli ostacoli dal percorso pedonale dell'operatore efficiente.

- 📊 Cercare di mantenere la larghezza interna di una cella a circa un metro e mezzo per consentire la flessibilità nella riallocazione degli elementi di lavoro tra i membri del team. Con una larghezza non superiore a un metro e mezzo, i membri del team possono facilmente camminare all'interno della cella durante il loro ciclo di lavoro.
- 📊 Eliminare gli spazi e le superfici dove l'inventario di lavoro in corso può accumularsi.
- 📊 Mantenere altezze coerenti per le superfici di lavoro e i punti di utilizzo.
- 📊 Posizionare il processo iniziale e quello finale uno vicino all'altro. Questo minimizza il ritorno a piedi per il ciclo successivo e permette ad un operatore di gestire facilmente sia il processo iniziale che quello finale. Quando questo è possibile, aiuta molto il ritmo della linea.
- 📊 Evitare i trasferimenti del pezzo su e giù e da un lato all'altro. Se possibile, mantenere i bordi delle macchine aperti per permettere trasferimenti orizzontali sul percorso più breve tra di loro.
- 📊 Usare la gravità per assistere gli operatori nel collocare parti e spostare materiali quando possibile.
- 📊 Installare pendenze flessibili dal soffitto per facilitare le regolazioni del layout.
- 📊 Tenere gli utensili manuali il più vicino possibile al punto di utilizzo e orientarli nella direzione in cui vengono usati dagli operatori.
- 📊 Usare attrezzi manuali dedicati invece di attrezzi che richiedono il cambio della punta, e combinare due o più attrezzi quando possibile.
- 📊 Garantire la sicurezza e una buona ergonomia, un processo snello è progettato per sostenere l'operatore e il lavoro a valore aggiunto. Una scarsa ergonomia è indesiderabile dal punto di vista umano e contribuisce allo spreco.
- 📊 Tenere le fasi di lavoro manuali e basate sull'operatore vicine tra loro per permettere una distribuzione flessibile degli elementi di lavoro e il lavoro a valore aggiunto dell'operatore.

- ✚ Segregare l'automazione di livello 5 e le operazioni a ciclo continuo (come i forni) dagli operatori manuali o dal flusso di lavoro basato sull'operatore, come mostrato nel diagramma seguente.



Le linee guida per le macchine:

- ✚ Usare piccole attrezzature dedicate a un singolo compito piuttosto che grandi attrezzature multi-task.
- ✚ Introdurre l'espulsione automatica (livello 3 di automazione) quando gli operatori devono usare entrambe le mani per maneggiare il pezzo.
- ✚ Installare l'automazione one-touch dove possibile. L'automazione one-touch significa che un operatore può mettere un pezzo in una macchina, avviare il ciclo della macchina e andare avanti.
- ✚ Evitare il batching. Idealmente, le macchine dovrebbero essere in grado di lavorare un pezzo alla volta in un tempo inferiore al takt time.
- ✚ Incorporare sensori per segnalare condizioni anormali e persino fermare automaticamente le macchine se necessario, in modo che gli operatori non debbano guardare le macchine durante il loro ciclo.



- ✚ Progettare la manutenibilità. Questo significa progettare macchine che sono facilmente accessibili per la manutenzione e le riparazioni, e che possono essere riparate rapidamente.
- ✚ Al processo di pacemaker, sforzarsi di ideare cambi di macchina tra diversi articoli finali che richiedono meno di un ciclo di takt time.

Linee guida per la gestione dei materiali:

Il compagno essenziale di queste linee guida per il layout e le macchine sono le linee guida per la gestione dei materiali. L'utilizzo delle seguenti linee guida per la gestione dei materiali aiuterà gli operatori della cella e della linea a svolgere il proprio lavoro nel modo più efficiente possibile.

- ✚ Presentare le parti il più vicino possibile al punto di utilizzo, ma non nel percorso a piedi dell'operatore.
- ✚ Presentare le parti in modo che gli operatori possano usare entrambe le mani simultaneamente.
- ✚ Cercare di tenere tutte le variazioni dei pezzi a portata di mano degli operatori in ogni momento per eliminare il tempo di cambio.
- ✚ Non lasciare che gli operatori si procurino o riforniscano da soli i pezzi.
- ✚ Tenere non più di due ore i materiali al punto di utilizzo. Se il gestore dei materiali non riesce a consegnare nei tempi previsti, la cella o la linea si fermerà presto, costringendo i manager ad affrontare il flusso irregolare dei materiali.
- ✚ Non mettete ulteriori magazzini di pezzi all'interno o vicino al processo perché questo rende il funzionamento della cella o della linea più difficile da capire e incoraggia gli operatori a procurarsi i propri pezzi.
- ✚ Utilizzare il kanban per regolare il rifornimento di parti.
- ✚ Dimensionare i contenitori dei pezzi per la convenienza degli operatori o come multiplo della quantità di prodotti finiti imballati, non per la convenienza del gestore del materiale o del processo di fornitura.

- ✚ Non interrompere i cicli di lavoro degli operatori per rifornire i pezzi. I pezzi dovrebbero essere riforniti in piccoli contenitori dall'esterno della cella e, dove possibile, dovrebbero scorrere verso il punto di utilizzo tramite rastrelliere o scivoli a gravità.

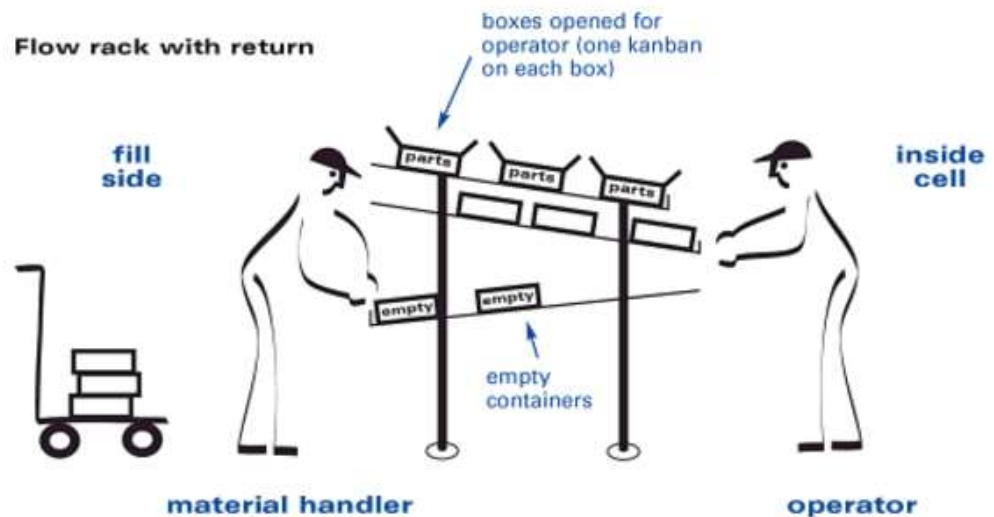


Figure 9 Flow rack with return

## 5. DISTRIBUZIONE DEL LAVORO

Con il processo fisico ora riorganizzato in modo che il lavoro possa essere eseguito nel modo più efficiente, è il momento di riportare gli operatori e il cliente nel processo di progettazione della cella.

### ➤ Operatori necessari per soddisfare il Takt Time.

Il numero appropriato di operatori non dovrebbe essere determinato da una stima o da una negoziazione tra i diversi membri del team. Invece si dovrebbe iniziare il processo di determinazione del bisogno di operatori con questa equazione:

$$\frac{\text{Total Work Content (after paper kaizen)}}{\text{Takt Time}} = \text{Number of Operators}$$

La tabella seguente fornisce una linea guida per valutare il calcolo iniziale del "numero di operatori". Questa tabella presuppone che il carico degli operatori sia compreso tra il 90 e il 95%. Cioè, il 90-95% di ogni intervallo di takt sarà riempito di lavoro e gli operatori non dovranno guardare le macchine o aspettare i pezzi.

Linee guida per determinare il numero di operatori in una cella:

Remainder in # of operators calculation (after paper kaizen)	Guideline / Target
< .3	Do not add an extra operator. Further reduce waste & incidental work.
.3 - .5	Do not add an extra operator yet. After two weeks of cell operation & kaizen, carefully evaluate if enough waste & incidental work can be taken out.
> .5	Add an extra operator if necessary and keep reducing waste & incidental work to eventually eliminate the need for that operator in the cell.

### Opzioni di caricamento degli operatori

Quando ti trovi nell'intervallo superiore della nostra linea guida per gli operatori (con una necessità inizialmente calcolata di oltre 0,5 operatori aggiuntivi per cella), dovrai scegliere come distribuire un contenuto di lavoro inferiore al pieno tra gli operatori quando inizierai a far funzionare la tua cella.

Il bilanciamento tradizionale della linea aggiunge al processo lo spreco dell'attesa, distribuendolo uniformemente tra tutti gli operatori. Il tempo di ciclo di ogni operatore è effettivamente bilanciato, ma ogni operatore è caricato solo parzialmente. Questa pratica non solo rende più difficile eliminare gli sprechi in seguito, ma crea anche il potenziale per una sovrapproduzione. Per i produttori lean questo è altrettanto negativo

che non riuscire a soddisfare la domanda. Dopo alcuni giorni di funzionamento, gli operatori di una cella tradizionalmente bilanciata di solito cominciano a funzionare come isole isolate. Piccoli lotti di inventario cominciano ad accumularsi tra gli operatori e il flusso continuo si interrompe. I manager possono cercare di superare questo problema piazzando dei "quadrati kanban" tra ogni operatore. Questi tengono solo un pezzo di lavoro e gli operatori non sono autorizzati a fare un altro pezzo finché il quadrato kanban a valle non viene svuotato dall'operatore successivo a valle. Questa tecnica può ristabilire un flusso di materiale a pezzo singolo, ma al prezzo di incorporare permanentemente lo spreco del tempo di attesa nel processo.

Una soluzione migliore è ridistribuire gli elementi di lavoro e riempire ogni operatore tranne uno con elementi di lavoro che consumano quasi tutto l'intervallo di takt. Questa è l'opzione snella. Caricando la maggior parte dello spreco di attesa su un operatore, l'opportunità di kaizen viene portata in superficie. Poi, una volta che la cella è in grado di operare con un socio di produzione in meno, l'organizzazione realizza un vero risparmio sui costi.

### ➤ **Distribuire il lavoro tra gli operatori.**

L'allocazione degli elementi di lavoro in una cella può essere fatta in molti modi:

- 1) Dividere il lavoro tra gli operatori in modo che ognuno esegua un takt time del contenuto totale del lavoro, spesso spostandosi tra diverse macchine.

La capacità di creare combinazioni di lavoro attraverso la cella è particolarmente utile per trovare nuove combinazioni di elementi di lavoro che si sovrappongono al takt time quando gli elementi di lavoro devono essere ridistribuiti dopo un kaizen o a causa di un cambiamento nella domanda dei clienti. La varietà di combinazioni rese possibili mantenendo le stazioni di lavoro manuali vicine è un'altra ragione per isolare i segmenti di produzione completamente automatizzati dalla porzione di cella guidata dall'operatore.

Nel dividere il lavoro è una buona idea assegnare allo stesso operatore il primo e l'ultimo elemento di lavoro nel flusso di materiale, perché questo crea un effetto di ritmo automatico per tutta la cella.

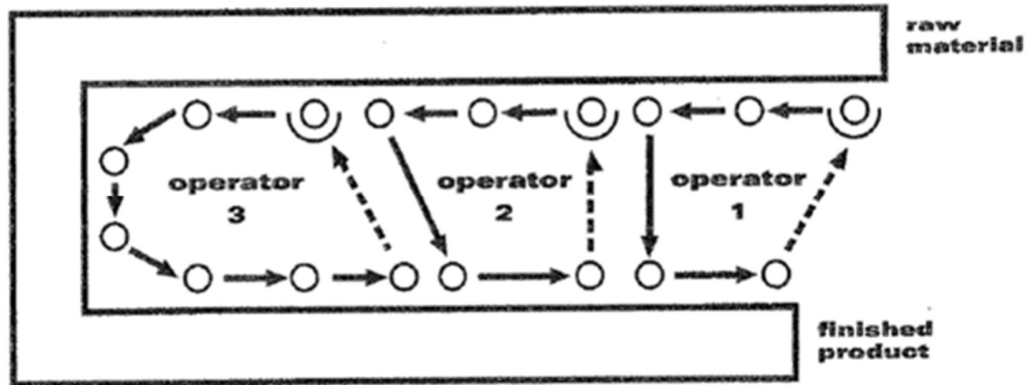
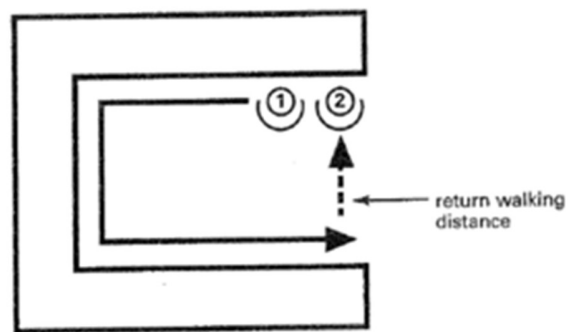


Figure 10 Flusso di materiale

2) Il Circuito, dove un operatore esegue tutti gli elementi di lavoro per fare un circuito completo della cella nella direzione del flusso del materiale. Un secondo operatore segue qualche stazione più indietro.

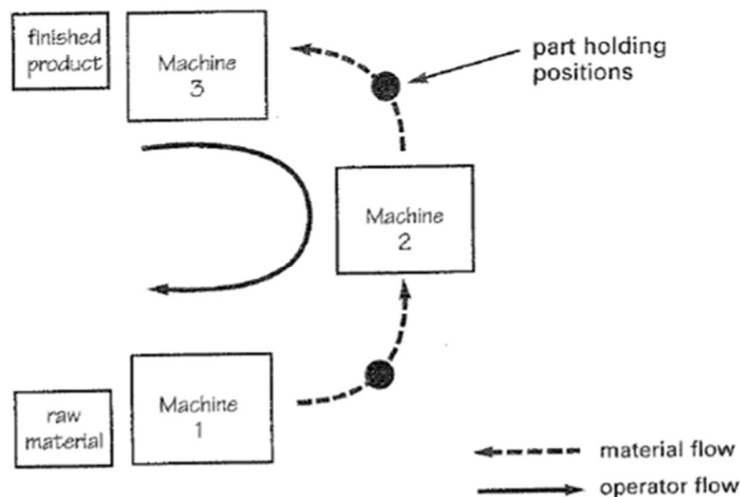
Assegnare tutti gli elementi di lavoro ad ogni operatore e fare in modo che l'operatore successivo segua il primo con un intervallo di qualche stazione offre una serie di vantaggi. Fornisce un effetto di ritmo naturale. È facile da implementare. Può ridurre le distanze a piedi poiché gli operatori hanno un breve percorso di ritorno per iniziare il ciclo successivo al completamento del circuito.

Distribuzione del lavoro del circuito (ogni operatore esegue tutti gli elementi di lavoro).



- 3) Flusso inverso, in cui gli operatori fanno un circuito nella direzione inversa del flusso di materiale.

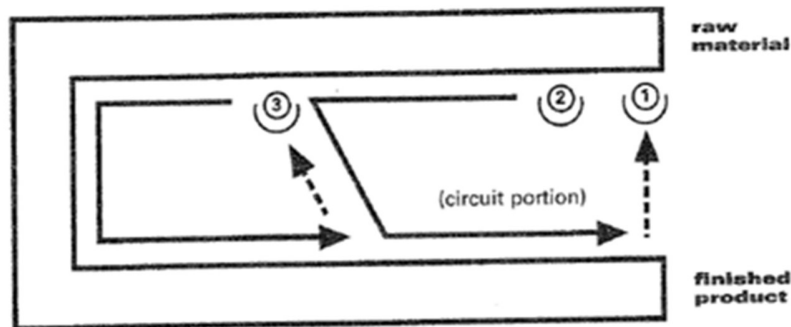
Con il flusso inverso gli operatori si muovono nella direzione opposta ai pezzi che avanzano nella cella. Gli operatori iniziano dal contenitore dei prodotti finiti e lavorano a monte fino al punto di partenza nella cella. Il flusso inverso richiede che un pezzo aggiuntivo di prodotto in lavorazione sia tenuto in una posizione di attesa tra ogni operazione, ma i vantaggi superano questo inconveniente.



- 4) Combinazioni di divisione del lavoro e di un circuito o flusso inverso.

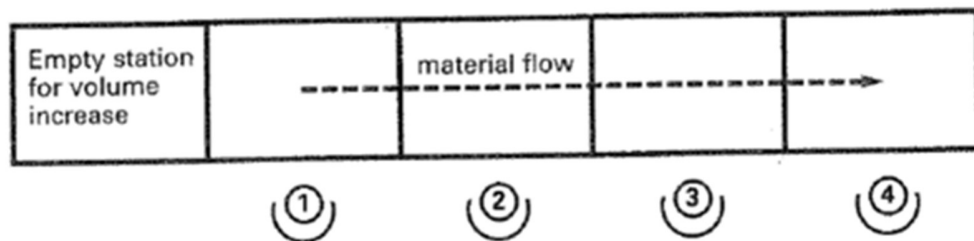
Alcuni operatori lavorano in stazioni specifiche o combinazioni di stazioni, mentre una o più coppie di operatori lavorano in circuiti o flussi inversi in altre parti della

cella. Questo può ottenere molti dei vantaggi dei circuiti nelle celle che richiedono più di due operatori. Inoltre, quando una coppia di operatori include sia il leadoff che gli elementi di lavoro finali nei loro circuiti, fornisce un eccellente meccanismo di stimolazione per l'intera cella.



5) Un operatore per stazione (ogni operatore rimane in una stazione di lavoro).

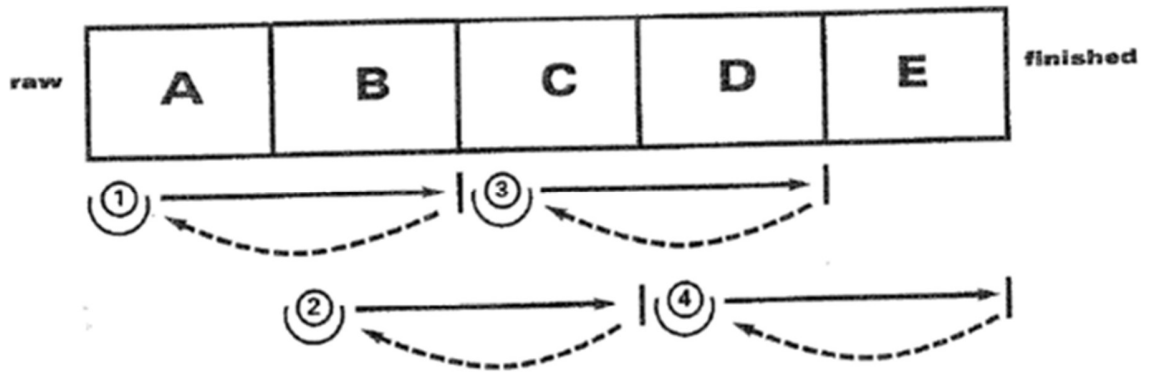
Alcuni processi comportano solo lavoro manuale senza attrezzature automatizzate. In questa situazione il numero di stazioni di lavoro può essere uguale al numero di operatori, o ci può essere un operatore su ogni lato di una stazione di lavoro. Ogni operatore esegue tutti i suoi elementi di lavoro nella singola stazione di lavoro e poi passa il lavoro alla stazione successiva.



6) The Ratchet, in cui ogni operatore lavora su due macchine e fa avanzare il pezzo ogni volta che l'operatore si sposta su una macchina a valle.

In questa disposizione il numero di stazioni di lavoro è maggiore del numero di operatori. Ogni operatore lavora in due stazioni di lavoro e si sposta avanti e indietro tra le stazioni ad ogni incremento di takt. Tranne che per le stazioni di

lavoro leadoff e finale, due operatori lavoreranno in ogni stazione, uno dopo l'altro. Quando gli operatori si spostano alla stazione di lavoro a valle, portano con sé il pezzo da lavorare. Lo spostamento a monte è fatto a mani vuote.



## 6. CONNESSIONE AL FLUSSO E REGOLAZIONE DEL FLUSSO

### ➤ Programmare il pacemaker

Non è realistico aspettarsi che la domanda dei clienti sia completamente regolare. Tuttavia, se cerchiamo di regolare l'output della cella per rispondere di ora in ora ad ogni contrazione della domanda, sarà molto difficile sostenere qualsiasi tipo di flusso. I costi saliranno e la qualità diminuirà. Allo stesso modo, non è realistico aspettarsi che il mix di tipi di prodotti richiesti sia costante. Eppure, se cerchiamo di passare da un tipo di prodotto all'altro, man mano che ogni articolo passa attraverso la cella, potremmo incontrare problemi di gestione del materiale e di produttività.

L'alternativa di produrre grandi lotti di un tipo di prodotto tra un cambio di produzione e l'altro riduce questi problemi, ma al prezzo di rallentare la risposta alle richieste dei clienti per tipi diversi, e di inviare grandi ondate di ordini di componenti a monte. Questo necessita tenere inventari sostanziali di prodotti finiti a valle della cella, nella



speranza di avere a portata di mano ciò che il cliente vuole, e delle parti e dei componenti necessari a monte della cella. Entrambi questi inventari aumentano il lead time attraverso il flusso del valore.

Per raggiungere e mantenere un flusso continuo e un flusso di valore snello, bisogna programmare e far funzionare una cella con la minor fluttuazione di volume possibile ("livellamento del volume" del lavoro). Allo stesso modo, è necessario decidere le dimensioni dei lotti più appropriate da eseguire prima di passare a un altro tipo di prodotto ("livellamento del mix di prodotti). Sia il livellamento del volume che quello del mix devono far parte del processo di progettazione della cella.

### **Livellamento del volume**

Se il fabbisogno del cliente per un processo di pacemaker fluttua ampiamente per periodi prolungati, sarà necessaria capacità (persone, macchine, materiale) ben al di sopra della domanda media a lungo termine per soddisfare sempre le esigenze del cliente. Ma, per i picchi e le discese più tipiche della domanda, stabilire un supermercato di prodotti finiti tra il processo di pacemaker e il cliente può permettere di livellare i requisiti di produzione in cella pur soddisfacendo il cliente.

Non sono i clienti l'unica causa delle fluttuazioni della domanda, ma nella maggior parte dei processi anche le variazioni interne delle prestazioni creano variazioni della domanda. Il processo del pacemaker può a volte avere problemi alle macchine, difetti di qualità o materiali mancanti che fanno variare il suo output e le richieste di materiale. Si può scegliere se risolvere molto rapidamente questi problemi mantenendo il livello di produzione, o aggiungere più scorte di prodotti finiti a valle e di parti a monte della cella.

Una risposta rapida ai problemi è la scelta migliore. Per rispondere rapidamente è necessario diventare consapevoli dei problemi non appena si verificano. La velocità di consapevolezza è legata a quanta produzione si rilascia al pacemaker in una sola volta.

Se esistesse un meccanismo di risposta rapida ai problemi, dovrebbe essere possibile correggere i problemi e riportare la produzione in carreggiata senza bisogno di grandi quantità di straordinari. I manager possono gestire la loro cella a passi se:

- 1) conoscono l'obiettivo.
- 2) controllano regolarmente i progressi per individuare le anomalie.
- 3) rispondono rapidamente alle anomalie.

### **Livellare il mix**

Produrre grandi lotti appartenenti ad una famiglia di prodotti nella cella rende difficile la fornitura, al cliente, di una varietà di tipi di prodotti in un breve periodo di tempo senza tenere prodotti finiti extra. Il dosaggio dei lotti tende anche a inviare aumenti della domanda di particolari componenti a monte del flusso di valore. Questo costringe i processi a monte a tenere più scorte per gestire i sovraccarichi. Per ridurre al minimo il dosaggio, i aumenti della domanda e l'inventario a monte, è necessario livellare il mix di prodotti della cella.

Si può misurare il grado di dosaggio in qualsiasi processo guardando il suo 'EPE', che significa "ogni parte ad ogni intervallo". L'EPE indica quanto spesso un processo può produrre ciascuno dei tipi di prodotto ad alta rotazione che produce. Se un processo può produrre tutti i suoi articoli finali ad alta rotazione ogni giorno, allora l'EPE diventa "ogni parte ogni giorno".

Un buon strumento per livellare il volume di produzione e il mix di produzione al pacemaker è un load leveling box. Questo semplice dispositivo ha una colonna di posti per contenere il kanban per ogni intervallo di passo e una fila di posti per il kanban per ogni tipo di articolo finale che attraversa la cella.

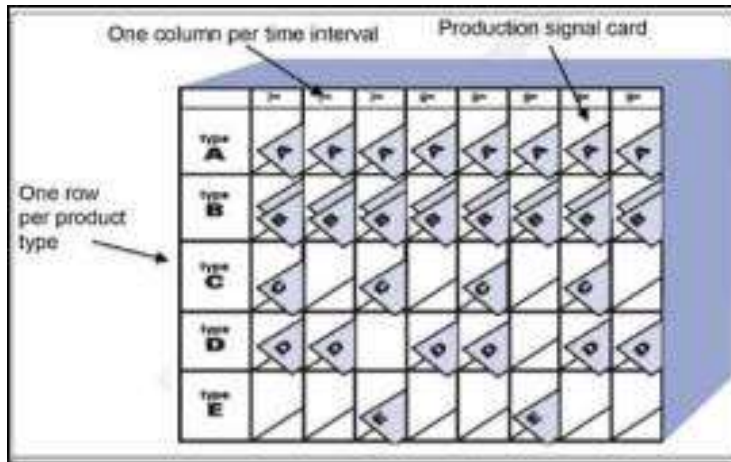


Figure 11 Kanban

### **Kaizen the Ship Frequency**

Molti produttori sono tenuti a fare spedizioni giornaliere (o anche più frequenti) ai loro clienti. Se si arriva al punto in cui l'EPE per tutti i processi (sia pacemaker che fabbricazione a monte) è uguale alla frequenza di spedizione, allora l'intero flusso di valore scorrerà. L'impianto sarà una 'pompa di denaro' che converte le materie prime in prodotti finali.

### **✚ Livellamento della produzione in un ambiente Make-to-Order.**

I processi Make-to-Order, come la produzione di articoli personalizzati, il prelievo di scorte nei magazzini e persino i processi amministrativi, sono spesso considerati erroneamente inadatti all'elaborazione a flusso continuo e al livellamento del carico di lavoro, poiché il contenuto di lavoro coinvolto in ogni ordine del cliente varia troppo.

In effetti, si può approssimare il flusso continuo e ottenere molti dei suoi benefici nei processi make-to-order mantenendo un flusso FIFO (first-in, first-out) attraverso le fasi di lavorazione e regolando attentamente la quantità di lavoro che si rilascia costantemente a quella catena di operazioni FIFO.

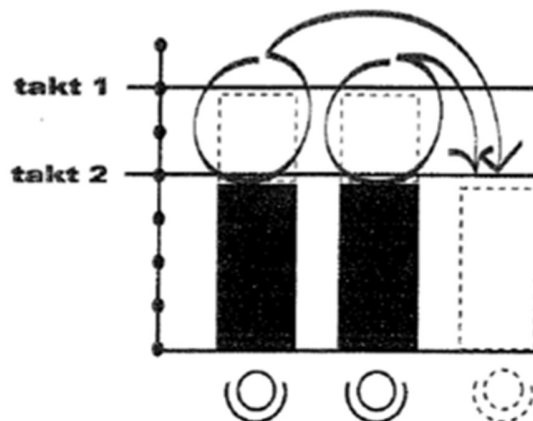
➤ **Comportamento del pacemaker ai cambiamenti della domanda dei clienti.**

I requisiti di volume che cambiano sono qualcosa che chiunque, stia progettando un processo di pacemaker, deve considerare fin dall'inizio delle operazioni in modo da essere pronto a rispondere.

Le piccole fluttuazioni giornaliere della domanda sono meglio gestite dall'uso di un supermercato di prodotti finiti. Il supermercato permette ai manager di impostare il takt time e il numero di operatori e rende possibile gestire il flusso continuo per periodi prolungati.

Se il volume cala e si mantiene lo stesso numero di operatori, la produttività calerà e il potenziale di sovrapproduzione aumenterà.

Se il volume aumenta, allora il tempo di takt per la cella diminuirà e sarà necessario aggiungere persone e forse la capacità della macchina per continuare a produrre.



La necessità periodica di aumentare o ridurre il numero di operatori è una delle ragioni principali per utilizzare le celle e disporle in una stretta forma a U. La grande varietà di percorsi offerti dalla U crea molte opzioni per ridistribuire gli elementi di lavoro su un diverso numero di operatori.

✚ **Incrementi di capacità**

L'aumento della produzione al di sopra dell'attuale capacità del processo richiederà non solo più operatori ma anche più macchine, fortunatamente, le

celle snelle usano tipicamente attrezzature piccole, semplici e poco costose che permettono flessibilità nel rispondere alle mutevoli esigenze dei clienti. In molti casi è possibile aumentare la capacità in modo incrementale aggiungendo una macchina alla cella (“incrementi di capacità della macchina”). Se è necessaria una capacità ancora maggiore, si può scegliere di produrre una parte del prodotto in una cella adiacente esistente, aggiungendovi alcuni macchinari se necessario. Infine, se sono necessari grandi aumenti di produzione, può essere opportuno aggiungere un'altra cella (“incrementi di capacità della cella”). Queste opzioni richiedono una redistribuzione del personale, oltre a spese in conto capitale e tempi di consegna significativi.

#### **Ci sono differenti linee mobili**

Il termine 'cella' implica che il materiale in lavorazione viene spostato dagli operatori (anche se le celle possono avere segmenti di trasportatore mobile). In alternativa, molti processi di pacemaker sono costruiti intorno a un trasportatore mobile che fa avanzare il materiale.

Le linee mobili sono tipicamente usate per gestire prodotti di grandi dimensioni o in situazioni in cui è necessario un metodo più forte per il passo. Il prodotto viene portato all'operatore dalla linea mobile e le stazioni di lavoro sono di solito tutte della stessa dimensione. A volte gli operatori si trovano su un solo lato di una linea mobile, il che rende la linea ancora più simile a una cella.

Una differenza con le linee mobili riguarda il cambiamento del numero di operatori in risposta a un cambiamento nella domanda dei clienti. Un grande vantaggio delle celle è la loro flessibilità per regolare il volume di produzione. È possibile ottenere la flessibilità dell'output anche con le linee mobili.

Si può dimezzare la produzione di alcune linee in movimento passando da un operatore per stazione a un operatore ogni due stazioni e rallentando il

trasportatore a 1/2 velocità, o facendo lavorare ogni operatore attraverso due stazioni invece di una sola. In alternativa, si possono inserire periodicamente stazioni di lavoro vuote lungo la linea e aggiungere operatori in quelle posizioni quando la domanda dei clienti aumenta. La produzione della linea aumenta, ma naturalmente bisogna ridistribuire gli elementi di lavoro sul numero maggiore di operatori.

## **7. IMPLEMENTARE, SOSTENERE E MIGLIORARE**

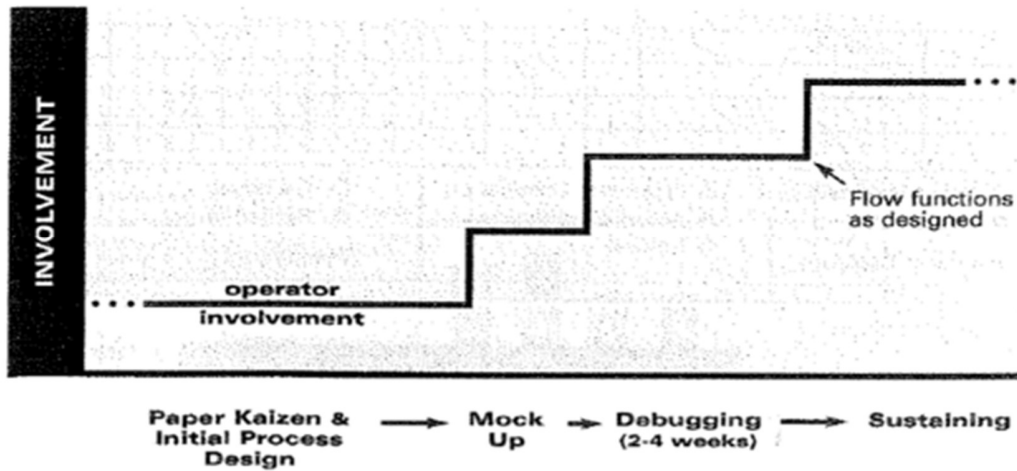
Prima di iniziare l'implementazione di un nuovo processo bisogna elaborare rapidamente un piano di implementazione. Questo aiuterà a controllare se effettivamente verranno raggiunti gli obiettivi o se è necessario altro lavoro. Il piano di implementazione dovrebbe contenere la ragione per migliorare il processo, un riassunto delle condizioni attuali e di quelle di destinazione, un programma di implementazione e un posto per registrare gli obiettivi quantitativi e i risultati.

L'obiettivo della pianificazione dell'implementazione non è quello di creare documenti lunghi e complicati. Ma sviluppare un piano praticabile che chiunque possa capire e poi mettersi al lavoro.

La parte più importante della pianificazione dell'implementazione non è creare il piano in sé, ma piuttosto usare il piano per rivedere regolarmente i progressi e affrontare i problemi. Si può dire dove un progetto ha bisogno di aiuto solo quando si ha un piano con cui confrontare i progressi. È essenziale per la gestione:

- Conoscere l'obiettivo o gli obiettivi.
- Rivedere regolarmente il processo per individuare i problemi che influiscono sul raggiungimento degli obiettivi.
- Rispondere rapidamente a questi problemi per tornare in pista.

## Fasi di implementazione



### 1. Progettazione iniziale del processo

La progettazione iniziale di un flusso continuo è principalmente responsabilità della direzione e degli ingegneri. Tale progettazione non è un processo di squadra dal basso verso l'alto, auto-diretto. Generalmente, un piccolo gruppo di persone dovrebbe elaborare un progetto iniziale, in quanto riunire un grande gruppo di persone porta quasi sempre al caos.

Il progetto del nuovo processo deve essere basato sulla realtà aziendale.

### 2. Mock-up

Il progetto iniziale del processo e il diagramma di equilibrio dell'operatore rappresentano idee teoriche per creare un flusso continuo. Un buon punto di partenza è mostrare agli operatori il diagramma di layout e il diagramma di equilibrio dell'operatore, e discutere gli obiettivi del progetto. In molti casi si può anche decidere di eseguire un mock-up non produttivo del nuovo processo.

Un mock-up del processo include non solo il processo fisico, ma anche una Standard Work Chart (SWC) per ogni operatore o stazione di lavoro. Un tipico SWC include i principali passi sequenziali in ogni stazione di lavoro, il tempo necessario per ogni passo e i punti chiave, come i controlli di qualità o le regolazioni critiche.

L'obiettivo del mock-up è quello di introdurre gli operatori al design del processo e di trovare opportunità di miglioramento prima che il processo reale sia implementato in officina.

### **3. Debugging**

Il debugging è senza dubbio la fase più importante dell'implementazione di un flusso continuo efficiente. Questo è il momento in cui il processo comincia a funzionare e viene migliorato fino al punto in cui può produrre secondo la progettazione. Durante il debugging vengono introdotti i requisiti orari del cliente. La cella funzionerà con il numero corretto di operatori e sarà guardata da vicino ogni turno da supervisori, manutenzione e ingegneri per i kaizen opportuni.

Durante il debugging si dovrebbe iniziare a tracciare i risultati della produzione rispetto alla domanda dei clienti. A questo scopo si può usare una scheda di consapevolezza dei problemi. Prima dell'inizio di ogni turno il supervisore scrive sulla lavagna una lista ora per ora di quali pezzi devono essere prodotti e le quantità richieste per soddisfare la domanda del cliente.

Lo scopo della scheda non è quello di programmare, ma di evidenziare i problemi di produzione e innescare una risposta.

### **4. Sostenere il flusso**

Una volta che la cella a flusso continuo funziona come progettato ed una volta che si produce costantemente, si passa dalla fase di debugging al funzionamento quotidiano.

Tutti gli elementi della produzione snella sono interdipendenti. Le cellule di produzione devono iniziare in tempo e funzionare secondo un lavoro standardizzato. I team leader e i supervisori devono monitorare le loro linee e rispondere immediatamente. Gli addetti alla movimentazione dei materiali devono consegnare le loro quantità su percorsi standardizzati a orari prestabiliti. La manutenzione deve condurre le sue attività in orario e rispondere ai problemi della linea molto rapidamente.



### **Risposta rapida ai problemi**

Come abbiamo visto in precedenza, la velocità con cui scoprire i problemi in un processo pacemaker è legata alla frequenza con cui viene rilasciato regolarmente il programma e alla quantità di prodotti finiti che vengono portati via. Quando un nuovo processo matura e la sua produzione si stabilizza, invece di rilasciare un programma si può iniziare a gestirlo con un incremento graduale del ritiro. Questo aiuta ad esporre rapidamente i problemi, ad una veloce risposta e recuperare senza la necessità di fare straordinari nel fine settimana.

Il ritiro ritmato diventa il "battito cardiaco" del flusso continuo. Quando un pacemaker sbaglia un passo, il team leader o il supervisore dovrebbe reagire immediatamente. L'obiettivo dovrebbe essere quello di correggere il problema e ripristinare il ritmo. Ci sono diverse opzioni per reagire ai problemi e mantenere il passo:

- Se la quantità di lancio è stata mancata perché alcuni pezzi devono essere rilavorati, il caposquadra può prendere i pezzi problematici e rilavorarli mentre gli operatori della cella continuano a fare il lancio successivo. In alternativa, il team leader può entrare nella stazione di lavoro dove si è verificato il difetto, e l'operatore di quella stazione può eseguire la rilavorazione.
- Per un calo di produzione, il caposquadra può entrare nella cella come operatore extra fino a quando la cella non viene recuperata e non è di nuovo in campo.
- Se c'è un problema con l'attrezzatura, il caposquadra determina se il problema può essere risolto immediatamente o se deve essere chiamata la manutenzione. Quando la manutenzione viene chiamata per un lancio mancato, l'obiettivo per il loro tempo di risposta dovrebbe essere di due minuti o meno.

## Controlli

Un buon modo per mantenere il miglioramento, e per prevenire le perdite, è quello di stabilire una routine di controlli quotidiani, settimanali e mensili condotti da livelli sovrapposti di gestione.

Questi controlli dovrebbero far parte del lavoro standardizzato della direzione. Tutti, dall'operatore al direttore di stabilimento, hanno la responsabilità di sostenere il flusso continuo. E ogni membro del team di gestione dovrebbe servire da allenatore, insegnando il processo di ispezione alle persone al livello successivo.

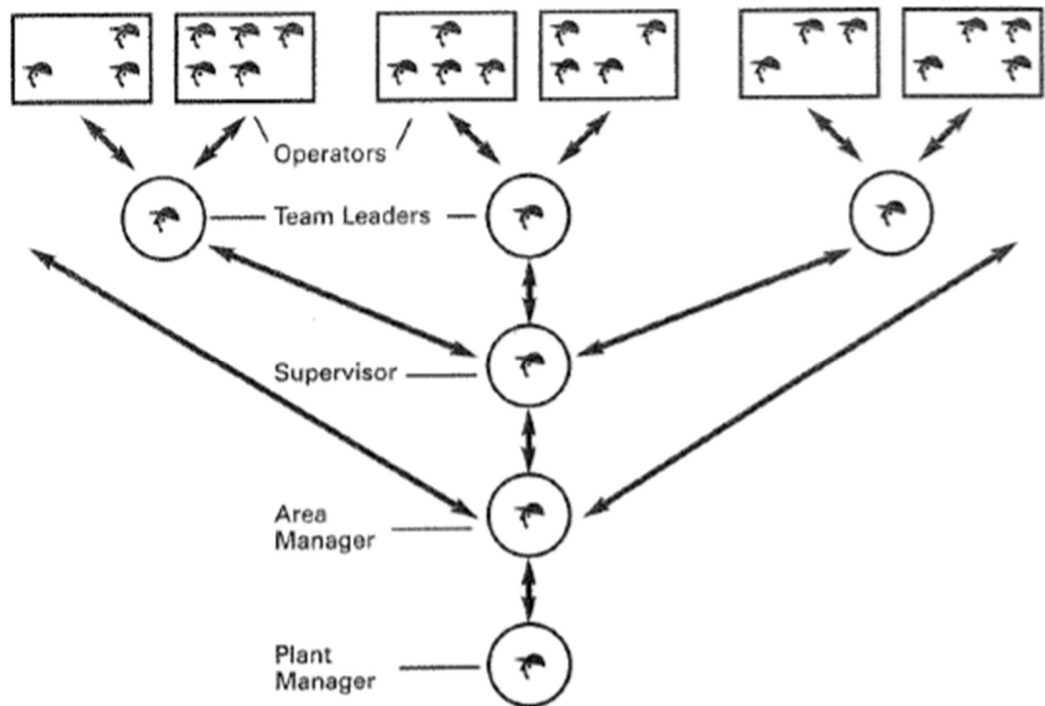
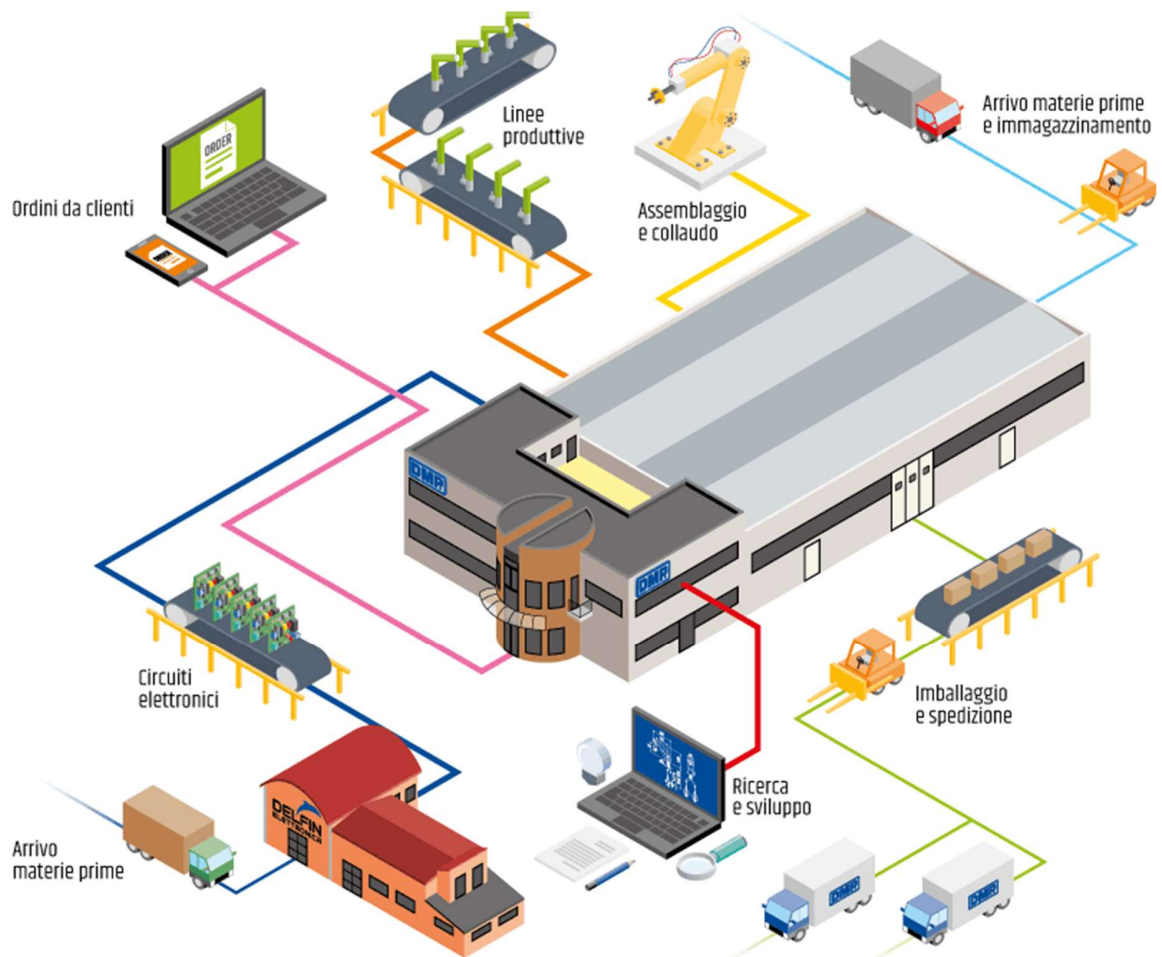


Figure 12 Processo ispezione

## 8. DMP Electronics



La DMP Electronics nacque nel 1978 ed inventò il rubinetto elettronico, iniziando così una rivoluzione silenziosa, destinata a cambiare abitudini e piccoli gesti quotidiani di numerose persone in tutto il mondo.

DMP è costituita da imprese che amano creare e realizzare in proprio, con una cura sartoriale per il prodotto e per i materiali che lo compongono; scegliendo appunto una filiera produttiva interamente italiana, con materiali certificati e a basso impatto ambientale,

con fornitori selezionati che condividono i loro obiettivi e affermano come loro un'idea di impresa che unisce tradizione e modernità.



Da sempre con una forte vocazione internazionale. L'appartenenza territoriale si unisce allo spirito cosmopolita, tale da poter sedurre e conquistare i mercati più esigenti. L'esistenza di almeno un prodotto DMP in 107 nazioni del mondo, fa sì che la presenza non passa inosservata.

I maggiori mercati attualmente coperti sono:

- Europa  
Belgio, Croazia, Danimarca, Francia, Germania, Grecia, Lettonia, Lussemburgo, Macedonia, Malta, Moldavia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Romania, Russia, Spagna, Slovenia, Svezia, Svizzera, Ungheria.
- Bacino del Mediterraneo  
Egitto, Libano, Marocco, Tunisia.

- Medio Oriente  
Arabia Saudita, Bahrain, Cina, Emirati Arabi Uniti, Giordania, Hong Kong, Iran, Kuwait, Macao, Oman, Qatar, Taiwan, Vietnam.
- America Oceania  
Australia, Argentina, Canada, Costa Rica, Messico, Venezuela.



Figure 13 Progettazione

Tale azienda si basa sul principio “qualità nella quantità”, che prevede:

- ❖ modelli progettati e costruiti con la cura dei dettagli dai migliori designer di settore,
- ❖ una gamma prodotti che si arricchisce giorno per giorno e supera la soglia dei mille articoli,
- ❖ un catalogo ricco che presenta nuovi modelli e conferma i grandi classici.

La fabbrica diventa un laboratorio di idee, tale da fornire agli studi di progettazione un servizio costante e attento, fatto di suggerimenti utili e soluzioni in tempo reale.

La storia di DMP parte da un'idea interessante che rende semplici i piccoli gesti quotidiani: lavarsi le mani utilizzando poca acqua, con la giusta quantità di sapone per asciugarle in pochi secondi, senza sprecare carta.

Tecnologia ecologica per lo sviluppo sostenibile, è la linea guida adottata dall'azienda, che attraversa i decenni e i cambiamenti epocali, lasciando immutata la voglia di imparare per crescere e migliorare.

Aprondo una piccola parentesi, analizziamo più in dettaglio il fattore acqua e il suo spreco nel tempo. E' fondamentale sottolineare, appunto, che il ciclo dell'acqua non è in grado di supportare i nostri tempi di vita, il cambiamento climatico accentuato dall'inquinamento e l'aumento della popolazione. Lo spreco dell'acqua va di pari passo con la siccità e la scarsità di questa risorsa in alcune parti del mondo.

Spostando l'attenzione sull'Italia (paese benestante da un punto di vista di risorse idriche), secondo un comunicato istat del **2017**, nei quattro principali bacini idrografici italiani (Po, Adige, Arno e Tevere) le portate medie annue hanno registrato una riduzione media complessiva del **39,6%** rispetto alla media del trentennio **1981-2010**. Tale cambiamento ci dovrebbe mettere in allerta.

Chiudendo questa piccola parentesi, la scelta di realizzare prodotti ecologici nasce dalla convinzione che l'acqua, bene prezioso e insostituibile, deve essere tutelata e difesa da tutti.

La DMP contribuisce, quindi:

- ✓ a conservare il patrimonio ecologico e ambientale, alla luce di una rinnovata sensibilità comune e della nascita di organismi internazionali che salvaguardano le risorse idriche e certificano le aziende virtuose.

La scelta di una tecnologia ecologica va dritta all'obiettivo, in quanto i prodotti DMP, utilizzati in maniera intelligente e razionale, proteggono l'ambiente in modo concreto e

immediato, utilizzando fino all'80% d'acqua in meno rispetto ai normali rubinetti: un piccolo grande aiuto per il nostro pianeta.

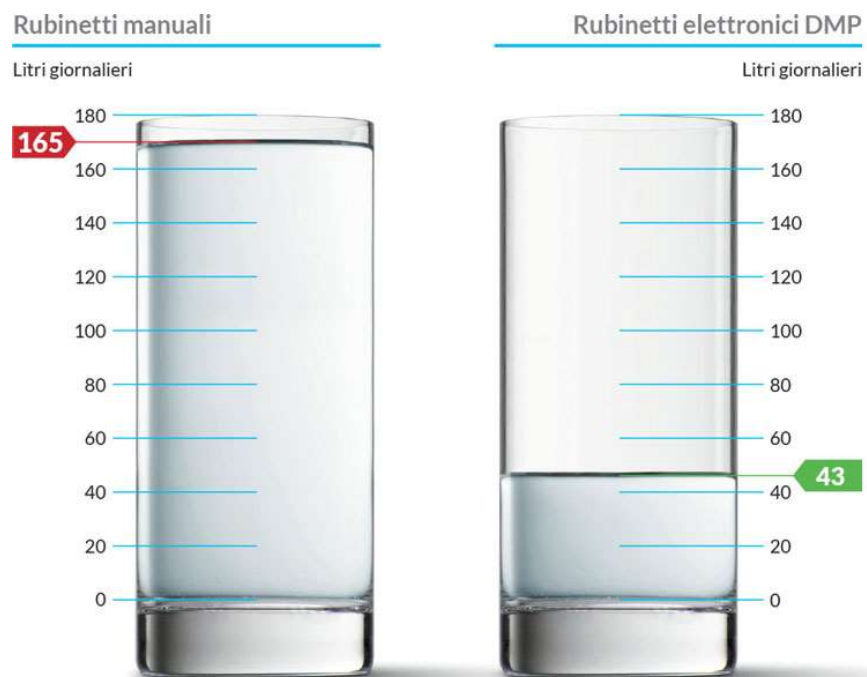


Figure 14 Consumo

## 8.1 Caso DMP Electronics (linee di assemblaggio)



Il termine assemblaggio deriva dall'inglese "to assemble" che significa mettere insieme, unire. In senso più lato vuol dire unire più parti (generalmente predisposte) per ottenere un tutt'uno omogeneo e coerente, con una propria identità fisica e funzionale.

Quindi, le linee di assemblaggio sono processi di produzione di tipo flow-line ampiamente utilizzati quando è necessario produrre grossi volumi di prodotti fortemente standardizzati. Quest'ultimi sono caratterizzati da una distinta base più o meno complessa, che richiede, pertanto, una corretta gestione dell'approvvigionamento dei componenti.



Una linea può essere definita anche come un insieme di postazioni, minimo due, il massimo varia da una realtà aziendale all'altra (da 3-4 a 20 in circa). La postazione, parte della linea, è destinata a operazioni o lavorazioni specifiche e deve essere attrezzata.

Un'operazione o lavorazione può, a sua volta, essere definita come movimento di materia prima, eseguito da risorsa umana o macchina, che trasforma appunto lo stato di partenza. Tali operazioni possono essere svolte mediante sistemi automatici o mediante attività manuale.

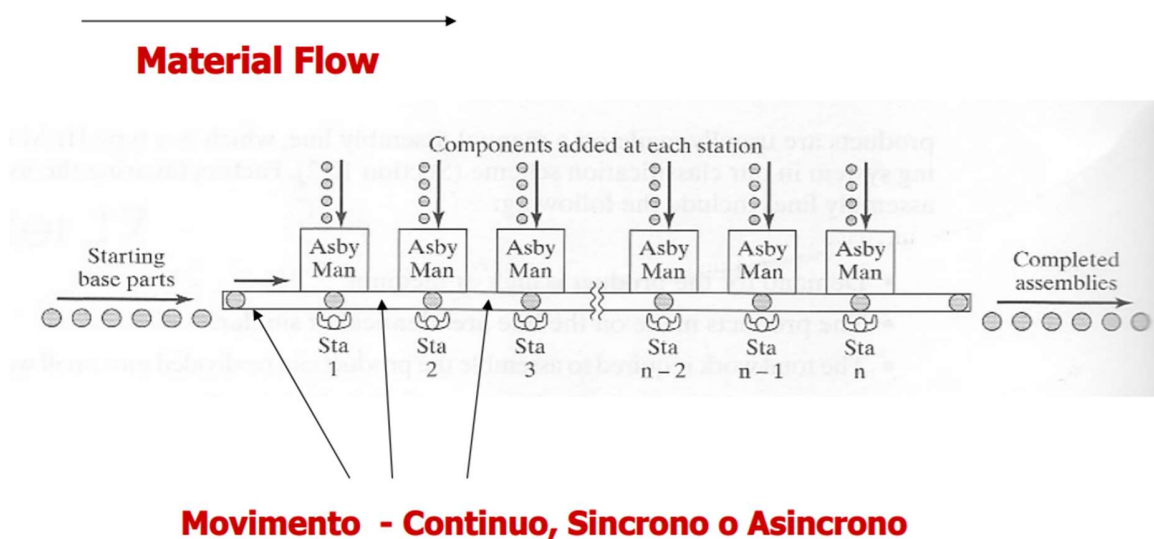


Figure 15 Linea assemblaggio

Nell'organizzazione della produzione, in particolare in quella di assemblaggio, è necessario dare la massima importanza alla "linea dedicata", perché il tempo unitario del prodotto finito dipenderà dalla somma di tutti i tempi che ogni operazione, eseguita in linea, assorbe e quindi ogni prodotto si appesantirà di tempi/costi in ogni passaggio obbligato.

Il bene prodotto come ho già accennato sopra, si caricherà di costi in ogni postazione. E' quindi molto importante allestire le postazioni in modo che possano permettere alla risorsa

interessata di poter proseguire nel minor tempo possibile, senza però compromettere la qualità.

Non basta però, solo ottimizzare le postazioni, è necessario fare in modo che il “bene” che ad ogni passo, rimanga per lo stesso tempo (o per tempi molto simili) in ogni postazione; altrimenti, ci troviamo con postazioni ferme in attesa di essere alimentate o con postazioni che fanno da tappo o imbuto e che quindi vanno ad influire sulla velocità della linea e sulla quantità di prodotti finiti in uscita dalla linea.

Per evitare che si verifichino i due casi è necessario intervenire nel migliorare la distribuzione di operazioni nelle varie postazioni. In questo modo la somma delle tempistiche sarà uguale per ogni postazione, quindi avremo a quel punto un “bilanciato” della linea.

Le linee bilanciate al meglio, produrranno un conseguente abbassamento del “tempo imbuto” e quindi potranno ristabilire un aumento di produttività.

I benefici restituiti da una migliore possibilità di produrre, potranno essere suddivisi tra:

- ✓ Proprietà, che potrà usufruire di un aumento giornaliero del numero di beni prodotti;
- ✓ Risorse che potranno godere di un incremento nei tempi di sosta.

In tutte le realtà con produzione in linea, abbiamo osservato che di solito, la grande maggioranza delle risorse lavora con ritmi molto elevati, forse non desiderati ma causati o frutto di abitudini maturate dalla continua ripetizione degli stessi o simili movimenti. Accade appunto che qualche risorsa contribuisce in maniera non adeguata alla produzione e sbadatamente o svogliatamente usa l’impegno lavorativo imposto per passare il tempo e non il contrario, che dovrebbe essere impiegato il tempo retribuito per produrre.

La bilanciatura ovvero l’equiparazione delle tempistiche fra gli stadi non è, in generale, ottimale quindi molto spesso è da rivedere.

Lo stadio imbuto crea inattività per le altre risorse in linea che aspettano senza operare, a valle, per il ritardo in alimentazione della loro postazione e, a monte, per l’impossibilità di passare oltre appena pronto.

Facendo sì che vi siano risorse sempre in opera e risorse che godono di un tempo pausa, variabile ma ripetitivo.

Oltre al bilanciamento delle linee, potrebbe essere utile l'inserimento graduale del metodo della "rotazione" delle risorse nei diversi stadi; contribuendo così ad aumentare il grado di professionalità di ogni singola risorsa che potrà sentirsi più motivata. Inoltre, da considerare il fatto che potranno essere diminuiti i "danni" causati da ripetitività dei movimenti e soprattutto potranno essere meglio maneggiate alcune situazioni, che vedono la risorsa costretta per tempi anche lunghi, in posizioni scomode.

Le linee di assemblaggio sono affiancate solitamente dalle cosiddette zone attrezzate o dedicate, nominate anche isole di premontaggio, che servono alla preparazione di tutti quei dettagli che dovranno entrare in linea con delle caratteristiche o lavorazioni che costerebbero di più se eseguite individualmente.

Da sottolineare che nell'isola di premontaggio, è possibile, se applicati certi metodi, ottenere i benefici che danno le lavorazioni di piccola serie.

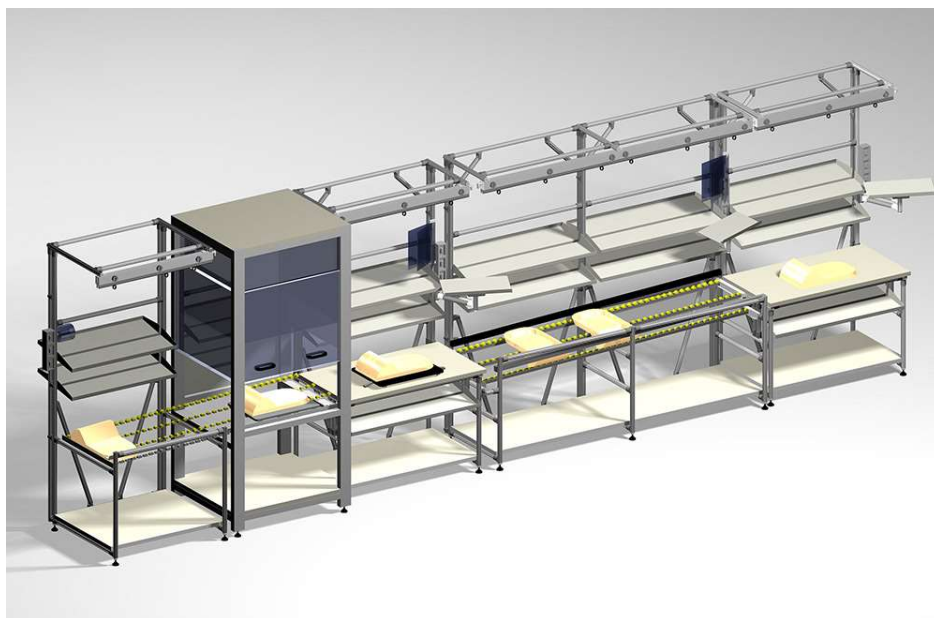


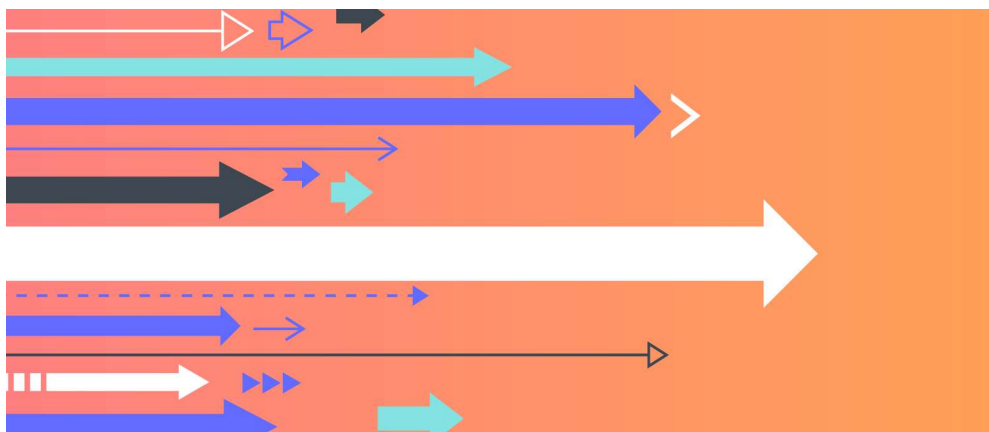
Figure 16 Isola montaggio

Focalizziamo ora la nostra attenzione sulle linee di assemblaggio all'interno dell'azienda DMP Electronics, per poter esprimere più in dettaglio i benefici dell'analisi VSM (Mappatura della Catena di Valore).

Per fare questo andiamo ad analizzare, innanzitutto, la situazione attuale (as-is) con le varie problematiche all'interno dell'azienda.

### ➤ AS-IS

AS-IS o anche detta analisi dello stato attuale è una strategia di gestione dei processi che identifica e valuta i processi attuali di un'azienda. L'analisi dello stato attuale può concentrarsi su un'intera organizzazione aziendale o su uno o più processi specifici all'interno di un dipartimento.



Esistono diversi obiettivi chiave o motivazioni per l'implementazione dell'analisi dello stato attuale, tra cui:

- Risparmiare soldi;
- Migliorare i processi esistenti o creare nuovi processi;
- Aumentare la soddisfazione del cliente;
- Migliorare il coordinamento aziendale e la reattività organizzativa;
- Conforme ai nuovi standard normativi;
- Adattare i processi in seguito di una fusione o acquisizione;

Lo scopo primario dell'analisi business è capire qual è la realtà del funzionamento dell'azienda, e quindi, se questa è organizzata per processi, comprendere i processi e realizzarne dei modelli, che possono essere utilizzati anche per misurarne l'efficacia e l'efficienza.

Un'analisi dell'AS-IS, può coinvolgere tutti e 3 i livelli, comprendendo, ad esempio, la definizione e lo sviluppo dei business plan, il miglioramento dei processi operativi dell'azienda.

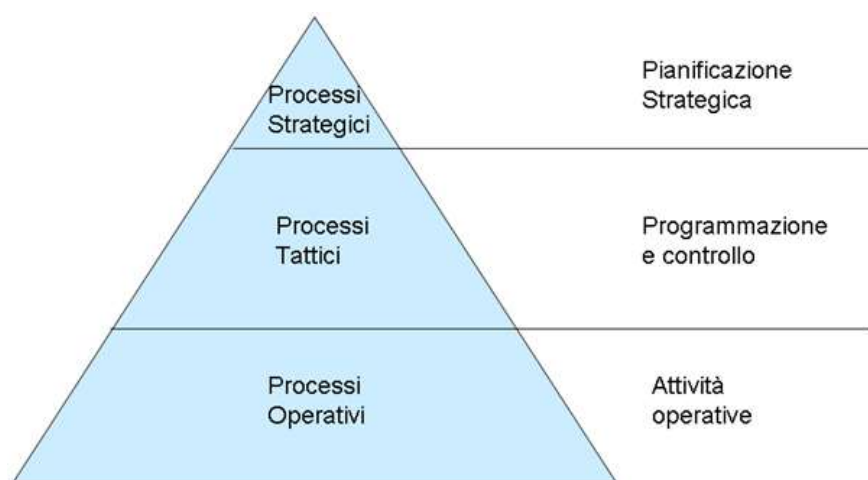


Figure 17 Piramide di Anthony

L'analisi business può agire a livello strategico, tattico e operativo oppure soltanto in un sottoinsieme di essi, in funzione dello scopo per cui l'analisi viene intrapresa. L'obiettivo di quest'analisi può essere quello di misurare l'efficienza dei processi operativi di una certa linea di produzione, oppure valutare l'impatto di una certa decisione strategica.

Quest'ultima si estende a tutti i fattori dell'azienda:

- i processi
- le risorse ausiliarie (strumenti, macchinari, IT...)
- le informazioni e come queste circolano entro l'azienda

- le materie prime, i semilavorati e la loro qualità
- le persone che formano l'azienda, con la loro rete di rapporti.

E' fondamentale anche interagire con le persone soggette ai cambiamenti, motivandole ad accettare il cambiamento stesso e quindi svolgendo un'azione quasi di Business Coaching.

Un sottoinsieme fondamentale della Business Analysis è l'analisi per la definizione dei attributi di una soluzione informatica prima della sua effettiva implementazione. Tale tipologia di analisi viene indicata come IT Business Analysis e varia da progetti grandi come la adozione ed implementazione di un nuovo ERP in azienda (progetto di trasformazione enorme, con grandi impatti sull'azienda e sulle persone), a progetti medi, come l'esecuzione di un applicativo specifico per un singolo processo aziendale e a progetti piccoli.

Riprendendo il nostro caso con riferimento all'azienda DMP Electronics, in particolare la parte dell'assemblaggio, abbiamo le seguenti fasi:

### **Fase 10 (assemblaggio rubinetti Settemix)**

Nella tabella sottostante vengono riportati i primi passaggi, che fanno parte della fase di assemblaggio, con i tempi riportati in seguito ad una operazione di cronometraggio svolta nell'azienda stessa.

***Fase F10 (assemblaggio rubinetti Lotto prodotto(20 pezzi)  
Settemix)***

AZIONI	TEMPI
Inserimento ordine di lavoro (sparare codice a barre).	0,5s
Prelievo pezzo dal carrello e spostamento sulla linea.	3s

Soffiaggio pezzo.	4s
Apposizione aeratore (per pezzo).	10s
Inserimento circuito e ferma circuito (per pezzo).	18s
Inserimento miscelatore e manopola (per pezzo)	31,5s

*Tabella 1 Step assemblaggio*

Dove l'operazione "Inserimento miscelatore e manopola" è ulteriormente suddivisa nelle seguenti sotto-operazioni:

SOTTOAZIONE	TEMPI
Prelievo gruppo miscelatore.	5,5s
Prelievo viti.	0,5s
Prelievo manopole.	0,5s
Inserimento gruppo in corpo miscelatore.	4s
Inserimento vite.	5s
Inserimento manopola e fissaggio con vite e rondella.	12s
Deposito.	4s

*Tabella 2 Sotto-operazioni*

Come abbiamo visto nei articoli precedenti il termine "tempo" è di impatto per poter analizzare e modificare in meglio la realtà aziendale.

Per misurare i tempi, mediante cronometraggio, è necessario suddividere le operazioni previste nel ciclo in attività elementari. I tempi sono misurati per ognuna delle operazioni in cui è suddiviso il ciclo di lavorazione/montaggio, rivelando:

- la velocità,
- gli avanzamenti,
- gli utensili da utilizzare.

Permettendo di avere un tempo che comprenda tutte le attività che ogni operatore deve eseguire dal prendere ad esempio il grezzo, posizionarlo sull'attrezzo, ecc. È quindi esaminata l'efficienza, cioè la velocità e la precisione di esecuzione, ed è determinato il coefficiente di riposo, che tiene conto delle difficoltà per compiere quell'operazione.

Se dobbiamo dare un'occhiata nel passato, calcolarne il tempo necessario per eseguire le operazioni, ha avuto una grande importanza fino a quando sono stati gestiti i cottimi, che, all'inizio degli anni 70, sono stati però soppressi. Tale soppressione ha ridotto, erroneamente, l'importanza della esatta, corretta misura dei tempi.

In seguito l'analisi del tempo è stata progressivamente marginalizzata, in quanto si è privilegiata l'applicazione della "lean". La "lean" è una metodologia, diffusa dal Giappone, che ha come obiettivo principale la riorganizzazione dei reparti di produzione delle aziende; una metodologia approfondita nei capitoli iniziali.

Oggi, molte aziende hanno ritenuto che è comunque necessario avere una conoscenza sicura dei tempi; in quanto risulta fondamentale cronometrare i tempi necessari per eseguire una certa operazione, utilizzando la metodologia più idonea.

Una combinazione riuscita è la "lean" con la misura dei tempi. La "lean" per essere efficace deve avere a disposizione i tempi delle attività che vengono svolte nei processi, per poter studiare una sistemazione dei compiti che tenga in considerazione i tempi effettivamente necessari e omogenizzi il carico di lavoro degli operativi.

La metodologia "tempi e metodi", utilizzata in tutti i settori industriali, fornisce uno strumento vigoroso per poter operare un'efficiente ri-organizzazione aziendale. Questo



metodo punta sul minimizzare i costi e ridurre gli sprechi per snellire la produzione ( ottica lean production ), consentendo, inoltre, di analizzare in maniera dettagliata il rapporto tra lavoro umano, progettazione delle macchine e ambiente di lavoro. Riassumiamo brevemente tutto ciò in uno schema:

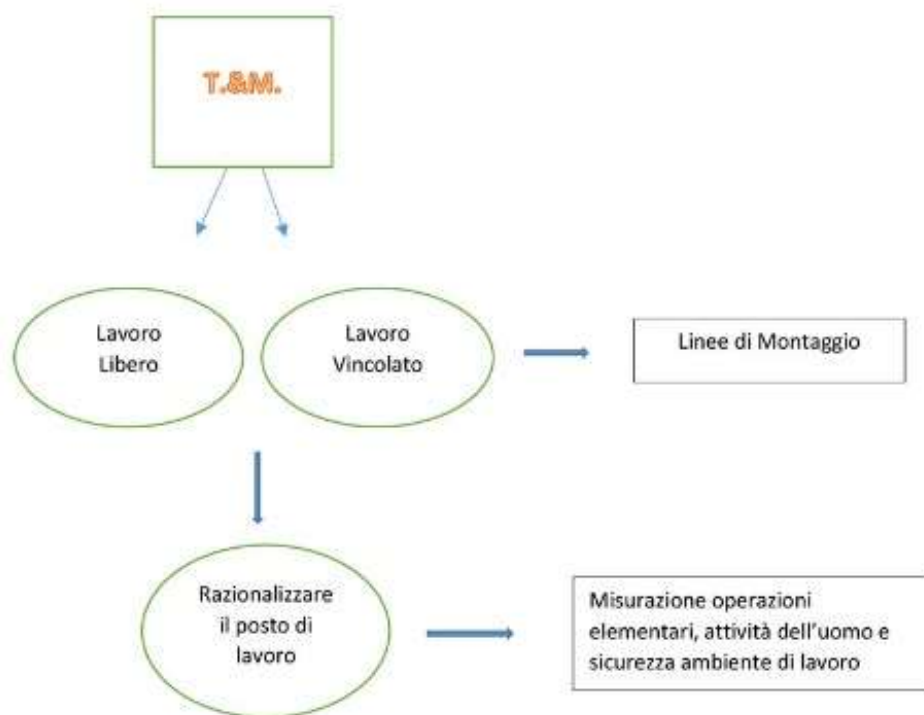


Figura 18 Tempi e Metodi

Riportando ora la tabella con le tempistiche riguardanti l'ultima operazione "prova controllo qualità di tenuta idraulica", appartenente alla fase F10:

**Fase F10 (Controllo Qualità)**

Lotto prodotto(20 pezzi)

AZIONI	TEMPI
Preparazione etichette e bollini rosso/blu.	0,75s
Installazione rubinetto su banco di prova.	10s
Prova alta pressione.	20s
Prova bassa pressione.	20s
Ripulitura rubinetto con aria.	15s
Soffiatura con aria (dopo aver rimosso rubinetto dal banco di prova).	15s
Segnalazione pezzo conforme.	2s
Inserimento bollino rosso/blu.	3s
Inserimento etichetta.	5s
Deposito su carrello (per due pezzi).	7s

*Tabella 3 Fasi controllo qualità*

Potremmo definire il controllo qualità come l'insieme delle operazioni necessarie a individuare e monitorare gli standard qualitativi dei prodotti realizzati. Per assicurare la conformità ai requisiti richiesti, si effettuano test e ispezioni sistematiche sulle materie prime, sui processi produttivi e sui prodotti in uscita, avvalendosi anche di specifici strumenti o macchinari.



Figura 19 Controllo Qualità

Tale processo si divide generalmente in tre passaggi:

- Protezione del cliente dagli effetti del problema, ossia l'insieme delle verifiche volte a identificare il prodotto difettoso, impedendo così la commercializzazione;
- Indagine della causa del problema, ossia l'insieme delle analisi volte a individuare e segnalare l'errore alla base del prodotto non idoneo;
- Risoluzione del problema, cioè l'insieme delle strategie e azioni correttive per poter prevenire il ripresentarsi del problema.

Riprendendo il cronometraggio dei tempi della fase F10 all'interno dell'azienda DMP Electronics, dopo aver indicato tutte le operazioni, abbiamo la seguente situazione:

- ❖ TEMPO TOTALE (prime operazioni) è di 67 secondi.
- ❖ TEMPO TOTALE (operazione controllo qualità) è di 97,75 secondi.

Possiamo sottolineare il fatto che tale situazione non è del tutto equilibrata a livello di tempistiche, in quanto, l'operazione di controllo qualità che ha un ruolo fondamentale per tutte le realtà aziendali, impiega quasi il doppio del tempo richiesto per l'assemblaggio dei pezzi.

## Fase F20 (Inscatolamento)



Figura 20 Linea di inscatolamento

Prima di passare alla mappatura complessiva della situazione “as-is”, riportiamo un’ultima tabella con le operazioni e i tempi che caratterizzano la fase F20:

### *Fase F20 (inscatolamento)*

Lotto prodotto(20 pezzi)

AZIONI	TEMPI
Inserimento ordine di lavoro (sparare codice a bare).	0,5s
Prelievo istruzioni per 5 scatole (già imbustate).	0,6s
Preparazione certificato di garanzia per 5 scatole.	2s
Inserimento certificato di garanzia in bustine.	10s

Applicazione codice di garanzia sulle scatole (5 già pronte sulla linea).	4s
Applicazione codice di garanzia su trasformatore (tutte le 5 del lotto).	2,4s
Apertura scatole (tutte le 5 del lotto).	1s
Inserimento trasformatore in scatola.	6s
Prelievo rubinetti da carrello della fase precedente.	3,5s
Collegamento circuito del rubinetto con cavo (che all'atto dell'installazione va collegato al trasformatore).	4s
Legatura cavo con elastico.	7s
Pulizia rubinetto con alcool.	20s
Applicazione bollino controllo qualità.	2s
Inserimento rubinetto in bustina di plastica.	3s
Inserimento bustina con rubinetto nella scatola.	5s
Piegatura cartoncino e inserimento in scatola (sopra al rubinetto).	7s
Inserimento fogli istruzioni per spurgo.	2s
Inserimento certificato di garanzia nella scatola.	2s
Inserimento norme pulizia.	2s
Chiusura scatola.	3s
Deposito scatole (tutte le 5 del lotto) su carrello per magazzino.	1s
Registrazione fine lavorazione.	2s
Scrittura anche su ordine di lavoro: 5 s per le 5	2s

scatole.	
----------	--

*Tabella 4 Fase inscatolamento*

Dove il “TEMPO TOTALE” è di 91 secondi, sbilanciata anche in questo caso la situazione rispetto all’assemblaggio dei pezzi.

Oltre a descrivere le varie operazioni con le tempistiche, è fondamentale elencare gli altri fattori corrispondenti al funzionamento delle linee di assemblaggio all’interno dell’azienda che stiamo analizzando. Tali fattori sono:

1. Presenza di due operatori, uno che svolge le attività della fase F10 (assemblaggio e controllo qualità) e l’altro che si occupa della fase F20 (inscatolamento).

2. Turni di lavoro: entrambi gli operai lavorano su un unico turno giornaliero da 8 ore.

3. Livello di automatizzazione:

Le operazioni previste possono essere svolte mediante sistemi automatici o mediante attività manuale.

L’utilizzo di una linea manuale è favorito da:

- Elevati volumi dei prodotti da assemblare;
- Prodotti caratterizzati da una distinta base simile o identica;
- Possibilità di suddividere tutte le attività previste in piccoli gruppi di lavoro;
- Difficoltà o impossibilità di automatizzare determinate operazioni.

L’automazione industriale offre un valido supporto alle aziende che intendano migliorare l’intero processo industriale. I nuovi sistemi sostituiscono le attività manuali, restituendo informazioni più precise e generando importanti vantaggi, tra cui:

L’eliminazione dell’errore umano;

La possibilità di identificare eventuali problemi delle macchine o cali di produttività in tempo reale;

Il risparmio di tempo degli operatori, che possono dedicarsi interamente alle macchine senza distrazioni;

La riduzione dell'impatto ambientale, poiché diventare Industria 4.0 significa ridurre drasticamente il consumo di carta.



*Figura 21 Linea automatizzata*

La DMP Electronics, nel ambito delle linee di assemblaggio, è prevalentemente basata su attività manuale ad esclusione della macchina di controllo qualità.

Definiti i fattori fondamentali dell'azienda, si riporta la rappresentazione complessiva delle operazioni, mappando la situazione attuale as-is:

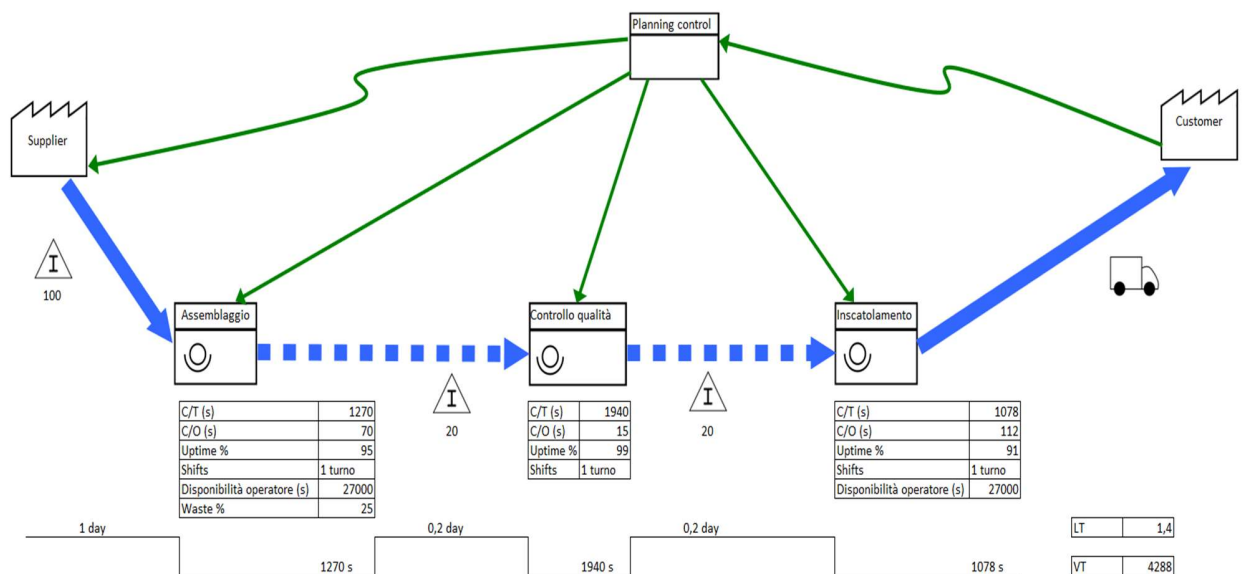


Figura 22 AS-IS

L'inventario delle materie prime è caratterizzato da 100 pezzi, in quanto analizzate le operazioni dell'assemblaggio è necessario avere le seguenti materie prime:

- 1) aeratore,
- 2) circuito,
- 3) ferma circuito,
- 4) miscelatore,
- 5) manopola.

$$5 \text{ pz di mp} \times 20 \text{ pz del lotto} = 100 \text{ pz}$$

In seguito ad una dettagliata valutazione dei tempi delle varie operazioni, è fondamentale distinguere il valore "cycle time"(C/T) dal valore "changeover time" (C/O).

- **Il tempo di ciclo** parte nel momento in cui il nuovo arrivo entra nella fase "lavoro in corso" e qualcuno ci sta effettivamente lavorando.



Stabiliamo il valore numerico del C/T andando a suddividere le operazioni del ciclo di lavorazione, dalle cosiddette operazioni di set-up.

**C/T (assemblaggio):**

- Soffiaggio pezzo;
- Apposizione aeratore (per pezzo);
- Inserimento circuito e ferma circuito (per pezzo);
- Inserimento miscelatore e manopola (per pezzo);

$$63,5 s \times 20 pz = 1270 s$$

**C/T (controllo qualità):**

- Installazione rubinetto su banco di prova;
- Prova alta pressione;
- Prova bassa pressione;
- Ripulitura rubinetto con aria (da montato sul banco di prova);
- Soffiatura con aria (dopo aver rimosso rubinetto dal banco di prova);
- Segnalazione pezzo conforme;
- Inserimento bollino rosso/blu;
- Inserimento etichetta;
- Deposito su carrello;

$$97 s \times 20 pz = 1940 s$$

**C/T (inscatolamento):**

- Preparazione certificato di garanzia per 5 scatole;
- Inserimento certificato di garanzia in bustine;
- Applicazione codice di garanzia sulle scatole (5 già pronta sulla linea);
- Applicazione codice di garanzia su trasformatore (tutte le 5 del lotto);
- Apertura scatole (tutte le 5 del lotto);

- Inserimento trasformatore in scatola;
- Prelievo rubinetti da carrello della fase precedente;
- Collegamento circuito del rubinetto con cavo;
- Legatura cavo con elastico;
- Pulizia rubinetto con alcool;
- Applicazione bollino controllo qualità;
- Inserimento rubinetto in bustina di plastica;
- Inserimento bustina con rubinetto nella scatola;
- Piegatura cartoncino e inserimento in scatola (sopra al rubinetto);
- Inserimento fogli istruzioni per spurgo;
- Inserimento certificato di garanzia nella scatola;
- Inserimento norme pulizia;
- Chiusura scatola;
- Registrazione fine lavorazione;
- Scrittura anche su ordine di lavoro;

$$85,4 s \times 20 pz = 1708 s$$

- **Il tempo di set up**, o tempo di attrezzaggio, è il periodo di tempo necessario a preparare un determinato mezzo di produzione e si misura cronometrando il tempo che intercorre dall'ultimo pezzo della produzione precedente fino al primo pezzo della produzione successiva conclusosi l'attrezzaggio.

Più in particolare, è il tempo fondamentale che serve a rimuovere gli stampi e utensili da un lavoro ordine e sostituirlo con il muore e utensili per il nuovo lavoro. Sono solo alcuni dei nomi comuni per questo passaggio, fatturato e tempo di preparazione.

**C/O (assemblaggio):**

- Inserimento ordine di lavoro (sparare codice a barre);

- Prelievo pezzo dal carrello e spostamento sulla linea;

$$3,5 s \times 20 pz = 70 s$$

**C/O (controllo qualità):**

- Preparazione etichette e bollini rosso/blu;

$$0,75 s \times 20 pz = 15 s$$

**C/O (inscatolamento):**

Inserimento ordine di lavoro (sparare codice a barre);

Prelievo istruzioni per 5 scatole (già imbustate);

Prelievo rubinetti da carrello della fase precedente;

Deposito scatole (tutte le 5 del lotto) su carrello per magazziniere;

$$5,6 s \times 20 pz = 112 s$$

Una volta fatta la distinzione delle operazioni e quindi dei tempi di ciclo e di set-up, è importante determinare quel che è l'uptime in percentuale.

L'uptime è un indice espresso in termini percentuali che indica l'intervallo di tempo in cui un'attrezzatura è stata ininterrottamente accesa e correttamente funzionante. Dall'uptime di un'attrezzatura in produzione si può dedurre, quindi, l'efficienza:

- un alto uptime è un indicatore che la macchina è ben configurata,
- mentre un basso uptime potrebbe significare instabilità del sistema operativo, o incorretta configurazione.

Più il valore dell'uptime è basso e maggiori sono le probabilità che si verifichino:

- perdita di potenziali clienti;
- calo di fiducia degli utenti e di credibilità;
- conseguenze negative a livello SEO.



Mediamente un buon livello di uptime si attesta intorno al 99,5% e sta ad indicare che potrebbero verificarsi in circa 2 giorni di inattività, non necessariamente in modo continuativo, distribuiti nell'arco di un anno.

❖ **Uptime% (assemblaggio):**

$$\frac{1270}{1270 + 70} \% = 95\%$$

Dove il valore 1270s indica il tempo ciclo dell'assemblaggio, invece 70s è il tempo di set-up. Dal rapporto effettuato ottengo un valore di uptime caratterizzato da un livello non del tutto buono (segno di instabilità).

❖ **Uptime% (controllo qualità):**

$$\frac{1940}{1940 + 15} \% = 99\%$$

Un indice di uptime% buono, quindi ho un basso coefficiente di inattività.

❖ **Uptime% (in scatolamento):**

$$\frac{1078}{1078 + 112} \% = 91\%$$

Anche in questa fase, come nell'assemblaggio ci troviamo di fronte ad un scarso livello di uptime, indicando appunto una fase piuttosto instabile.

Riportando infine nella "Time Line" :

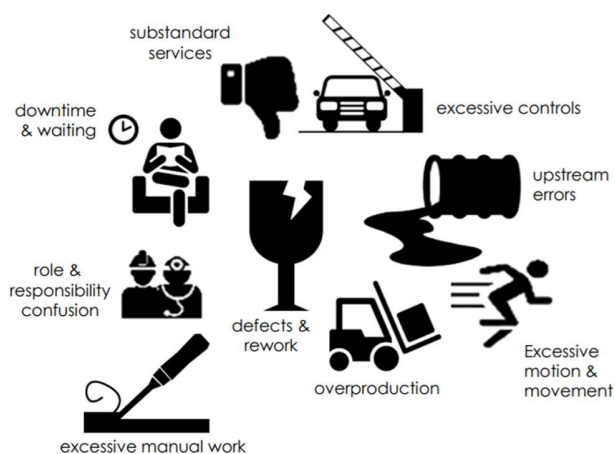
- ✓ la somma dei tempi di lavorazione, di movimentazione e di attesa in coda;
- ✓ la somma dei soli tempi di lavorazione.

Si ottengono i due valori: Lead Time di 1,4 ed il VT di 4288s.

➤ **AS-IS dettagliata con "Waste"**

Prima di mostrare la mappatura dettagliata contenete le sotto-operazioni, che ci permettono di evidenziare al meglio gli waste, andiamo a capire l'importanza di quest'ultima terminologia.

I rifiuti di processo sono disponibili in diverse forme e possono essere raggruppati in diverse categorie.



L'aumento dei problemi di produttività, prestazioni e costi nei processi produttivi causa gravi danni alle aziende stesse. Ciò incide indirettamente negativamente sul potenziale contributo del settore aziendale all'economia mondiale. Queste perdite subite sono sostanzialmente dovute al fatto che i processi non sono pianificati e gestiti correttamente.

Morgan e Liker (2006) definiscono rifiuti come qualsiasi attività che assorbe risorse senza aggiungere valore per il cliente e suggeriscono di applicare le sette categorie di rifiuti individuate da Ohno (1988) nello sviluppo del prodotto, nonostante le difficoltà legate alla loro traslazione in un dominio diverso. In effetti, i tipi di rifiuti proposti da Ohno (1998) sono stati sviluppati per l'ambiente di produzione, mentre l'output dello sviluppo del prodotto è generalmente un'informazione relativa al prodotto stesso.

Locher (2008), basato sulla classificazione di Liker (2004), ha sviluppato un elenco di otto tipi di rifiuti nello sviluppo del prodotto che è simile all'elenco proposto per la produzione, ma reinterpretato per adattarsi appunto all'ambiente del “Product Development”. Secondo tale classificazione, le diverse tipologie di rifiuti sono le seguenti:

- sovrapproduzione,
- attesa,
- trasporto,
- lavorazione,
- inventario,
- difetti (e correzioni),
- movimento,
- persone sottoutilizzate.

Oehmen e Rebentisch (2010) propongono un'altra tassonomia in “Product Development”. Riassumono le categorizzazioni dei rifiuti di nove diversi autori nei seguenti otto:

- sovrapproduzione di informazioni,
- elaborazione eccessiva di informazioni,
- cattiva comunicazione di informazioni,

- stoccaggio di informazioni,
- generazione di informazioni difettose,
- correzione di informazioni,
- attesa di persone e movimento non necessario di persone.

Rispetto a Morgan e Liker (2006) , questo elenco è più focalizzato sul flusso informativo e appare utile per tenere conto di una caratteristica specifica della “Product Development”, ovvero la rilevanza delle informazioni come input e output delle fasi di questo processo.

Per un'identificazione più completa e una comprensione più profonda delle attività non a valore aggiunto che influenzano il “Product Development” e basandosi su Liker e Morgan (2006), Rossi et al. (2011) propongono un elenco di otto tipi di rifiuti, integrati con 33 esempi specifici di “Product Development” e derivati sia dalla letteratura che dalla pratica, raggruppati nelle seguenti macroclassi:

- sovrapproduzione/ingegneria;
- attesa;
- trasporto/trasporto;
- elaborazione (eccessiva/inappropriata);
- inventario;
- movimento;
- correzione (rilavorazione/difettoso);
- creatività dei dipendenti inutilizzati.

Poiché questi autori hanno sviluppato una classificazione che comprende la maggior parte dei contributi esistenti sulle tipologie di rifiuti nel “Product Development”. Di conseguenza, può essere considerato un valido punto di riferimento per uno studio intenzionato a raggiungere una più profonda comprensione dei rifiuti nel contesto di complessi progetti di “Product Development”.

La complessità del progetto può comportare una serie di difficoltà e relative inefficienze, che impediscono all'azienda di raggiungere prestazioni soddisfacenti in termini di tempi e costi. Infatti, progetti complessi non possono essere completamente specificati in anticipo,

portando così a evidenti difficoltà nella definizione di precisi requisiti tecnici, un calendario affidabile e un budget finanziario preciso.

In questo contesto, l'incertezza sulle risorse e l'output, unita alla complessità tecnica dei sistemi da sviluppare, può causare diversi loop nel processo di sviluppo, che possono anche portare a ridondanze ritenute necessarie per garantire la perfezione tecnica dell'output.

E' difficile capire cosa siano effettivamente i rifiuti, e l'eliminazione (o la riduzione) di alcune attività al fine di ridurre i costi potrebbe comportare rischi considerevoli per l'eccellenza tecnica del progetto. Infatti, diverse fasi del processo di sviluppo mirano a produrre "informazioni che aumentino la certezza sulla capacità del progetto di soddisfare i requisiti".

Un'efficace attuazione dei principi di gestione snella in progetti complessi richiede una riconcettualizzazione del valore e degli sprechi, poiché le attività aggiunte a un processo servono a cogliere i problemi prima che si riversino a cascata su molte altre attività o ad aumentare la fiducia nel risultato desiderato.

D'altra parte, le organizzazioni che gestiscono progetti complessi caratterizzati da un elevato grado di novità e complessità tecnologica tendono a sovrapporre il concetto di valore con la perfezione tecnica dell'output. Pertanto considerano qualsiasi inefficienza progettuale come un "male necessario", la cui eliminazione potrebbe minacciare il successo del progetto.

Tuttavia, anche se negli ultimi anni diversi contributi hanno evidenziato l'esistenza di un trade-off tra efficienza ed efficacia del progetto nel contesto di progetti complessi, studi più recenti forniscono prove empiriche di una correlazione positiva tra queste categorie di prestazioni. Pertanto, un'adeguata pianificazione del progetto e controlli precoci sulle esigenze e sui requisiti delle parti interessate, da un lato, possono evitare il superamento dei costi e i ritardi e, dall'altro, possono portare a prestazioni tecniche superiori.

Per raggiungere l'efficienza del progetto, devono essere adottati approcci specifici in progetti complessi, volti a rafforzare la capacità di assimilare e applicare conoscenze nuove e rilevanti, imparando dall'esperienza passata in modo da capire quali comportamenti



possono guidare positivamente le prestazioni del progetto. Ad esempio, è stato recentemente dimostrato che le buone pratiche di gestione delle risorse umane possono rafforzare la relazione positiva tra capacità di assorbimento e performance del progetto e che, più specificamente, la presenza di capacità di assorbimento a livello di team può parzialmente compensare l'effetto delle peculiarità di progetti complessi sulla loro performance in termini di costi e tempi.

Pertanto, sembra opportuno condurre un'indagine sulla possibilità di sfruttare i principi “Lean Product Development” per aumentare le prestazioni di progetti complessi, poiché recenti contributi dimostrano che le pratiche manageriali volte ad aumentare l'efficienza possono portare a risultati favorevoli anche in termini di efficacia del progetto.

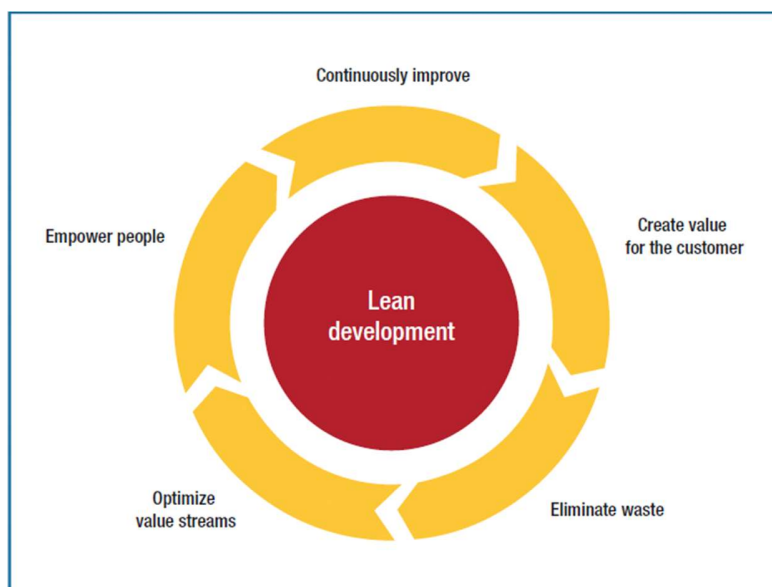


Figura 23 Lean Development

I rifiuti di produzione vengono generati durante un processo di produzione e comprendono, quindi, le nove categorie di:

- sovrapproduzione;
- attesa;
- trasporto;
- eccessiva elaborazione (lavorazione);

- inventario;
- movimento;
- prodotti difettosi ;
- salute umana ;
- spazio critico per un processo di produzione.

Le prime sette categorie, come abbiamo visto precedentemente, costituiscono la base di Lean.

In tutto il mondo, i rifiuti dovuti alla salute stanno acquisendo maggiore consapevolezza e importanza. Stare seduti a lungo sul posto di lavoro provoca rischi per la salute, con conseguente spreco, come problemi muscolo-scheletrici, malattie cardiovascolari e aumento della mortalità. I rifiuti dovuti a problemi di salute hanno causato assenze che hanno comportato una perdita di produttività, che ha influenzato le organizzazioni a investire nella salute e nell'assistenza della forza lavoro.

Lo spreco di spazio include occupare più dello spazio ottimale necessario per materiali, macchine, uomini e movimento. Inoltre, i livelli di prestazioni si riducono quando lo spazio di archiviazione viene utilizzato per materiale indesiderato, scarti e scorte in eccesso, aumentando i costi di gestione e stoccaggio.

Riassumendo, l'obiettivo principale della lean è l'identificazione e l'eliminazione degli sprechi dal processo rispetto alla massimizzazione del valore per il cliente. Allo stesso modo, lo scopo è quello di massimizzare il valore per il cliente e ridurre al minimo il lavoro non necessario e i ritardi. In entrambi i casi il concetto di rifiuto è importante. Attraverso uno studio empirico vengono affrontati gli sprechi nelle organizzazioni.

Una volta espresso in maniera dettagliata e capito il concetto degli “sprechi”, tornando alla nostra realtà aziendale, rappresentiamo quali sono appunto gli waste:

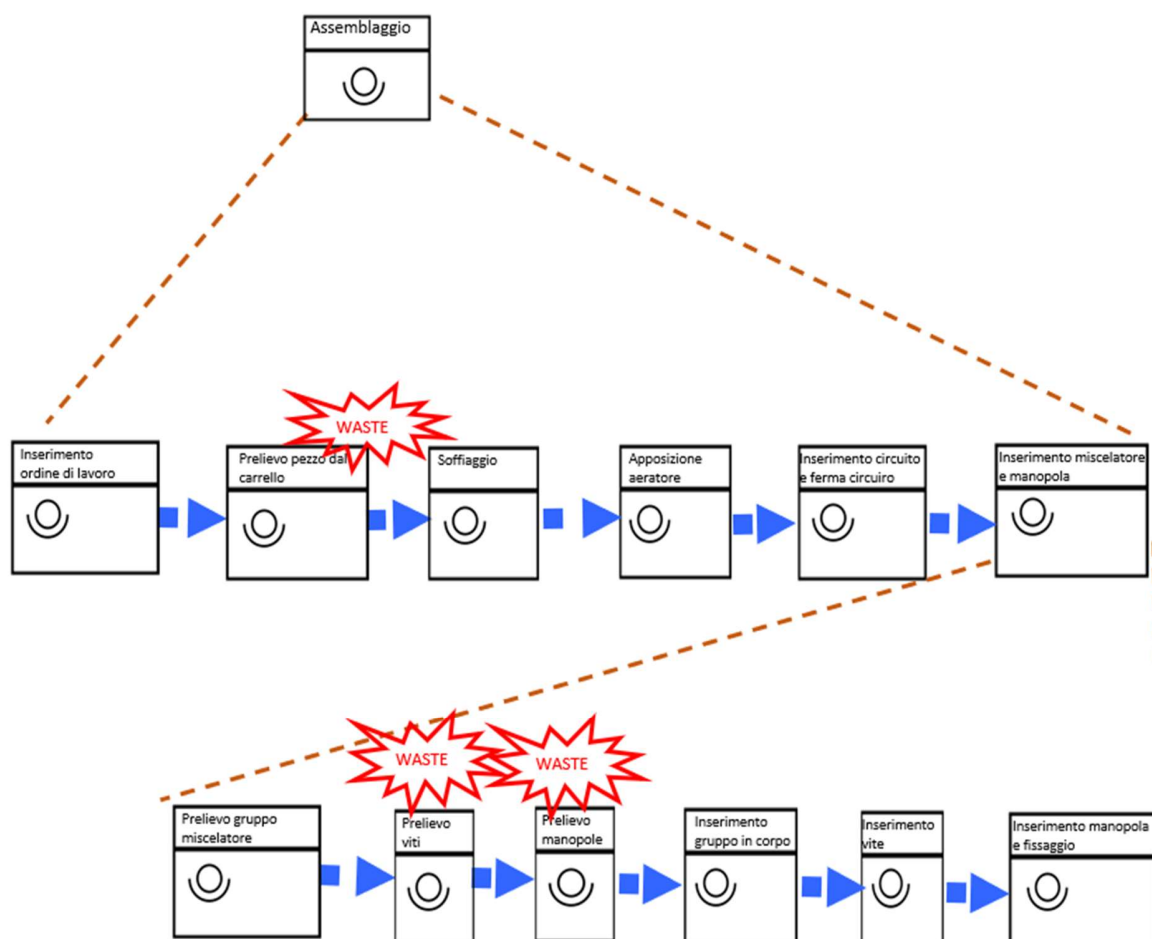


Figura 24 AS-IS assemblaggio

Andando a dettagliare e quindi a riportare le sotto-operazioni dell’assemblaggio, si evidenzia come waste la mancanza di sistemi automatizzati, per poter permettere una sistemazione più precisa dei pezzi da assemblare e avere una minor perdita di tempo nel prelievo.

La sistemazione riguarda il raggruppamento di tutti i materiali e componenti necessari per la realizzazione di un prodotto, creando così un pacchetto che verrà consegnato agli operatori delle linee di assemblaggio allo scopo di velocizzare, appunto, questa operazione. Un processo del genere potrebbe garantire la fornitura ininterrotta di prodotti alle linee di assemblaggio.

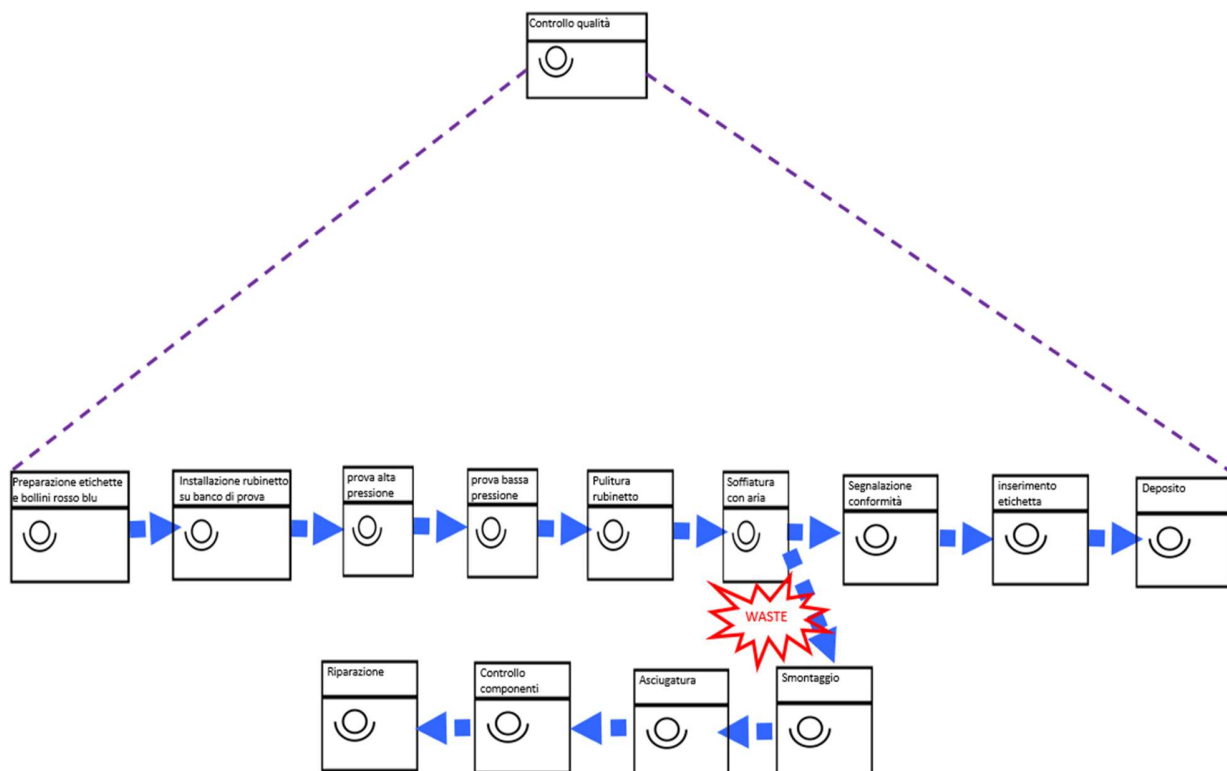


Figura 25 AS-IS controllo qualità

Dettagliando quest'operazione, è fondamentale sottolineare il problema della percentuale di scarto sul controllo idraulico sui pezzi assemblati.

Ci troviamo di fronte a questa situazione:



Difettosità: 5 pezzi su 20 (dimensione lotto media, usata soprattutto per comodità dell'operatore).

Se un pezzo è difettoso, dalla soffiatura con aria si prosegue con:

- Smontaggio, operazione che necessita 18 secondi per pezzo,
- Asciugatura, la quale necessita 8 secondi per pezzo,
- Controllo componenti con 10 secondi per pezzo,
- Riparazione, che ha bisogno di 40 secondi per pezzo,
- Dopo di che si riparte dall'operazione "Inserimento miscelatore e manopola" di una durata complessiva di 31,5 secondi per pezzo,
- Ripetizione del controllo qualità, che necessita 97,75 secondi per pezzo.

Dei 5 difettosi, per uno è stato sufficiente tirare una vite, per gli altri 4 è necessario il procedimento sopra elencato. Inoltre, 2 dei 4 hanno subito il procedimento per 2 volte.

E' fondamentale, in questo caso, programmare un monitoraggio anche su altri codici per vedere se le % di scarto sono sempre intorno al 25% e fare delle riunioni con gli operatori di linea per ricercare soluzioni e abbassare il più possibile tale percentuale.

Lo scarto rappresenta il quantitativo di pezzi lavorati o semilavorati che viene eliminato perché non rispecchia la qualità aziendale desiderata, o perché il materiale non è consono o le quote reali non riflettono quelle progettuali.

Tutti i processi produttivi scartano, in quanto, realtà comune a tutte le aziende manifatturiere. E' quindi fondamentale contenere gli scarti, ma non ci è possibile azzerarli del tutto.

Ogni processo industriale, se ben gestito, punta all'ottimizzazione. Questo obiettivo si raggiunge controllando i dati relativi agli articoli prodotti, sia quelli buoni e che quelli scartati.

Gli scarti infatti rappresentano costi. E questi costi (per scarti, rilavorazione e difetti non rilevati) condizionano in modo diretto e immediato il profitto di un'azienda.

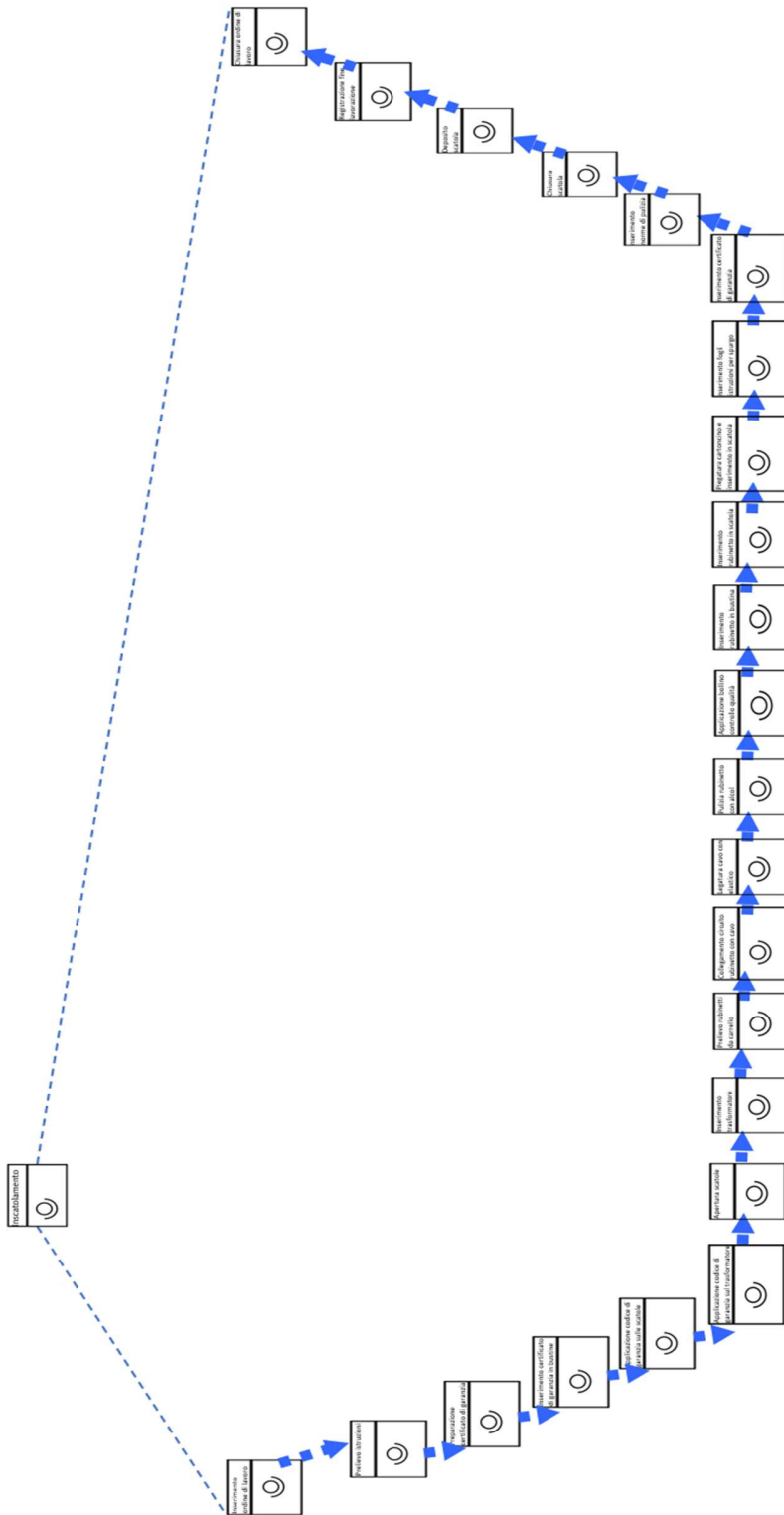


Figura 26 AS-IS inscatolamento

Una volta rappresentate le sotto-operazioni dell'inscatolamento, come waste indichiamo la mancanza di risorse umane e macchinari automatizzati in modo da poter velocizzare l'intero processo.

### ➤ To be

La rappresentazione degli wastes nella situazione attuale delle due fasi che caratterizzano il processo di assemblaggio della DMP Electronics, ci permette di apportare delle modifiche e quindi dei miglioramenti.

La mappatura di una prima proposta per la situazione futura è mostrata qui in seguito:

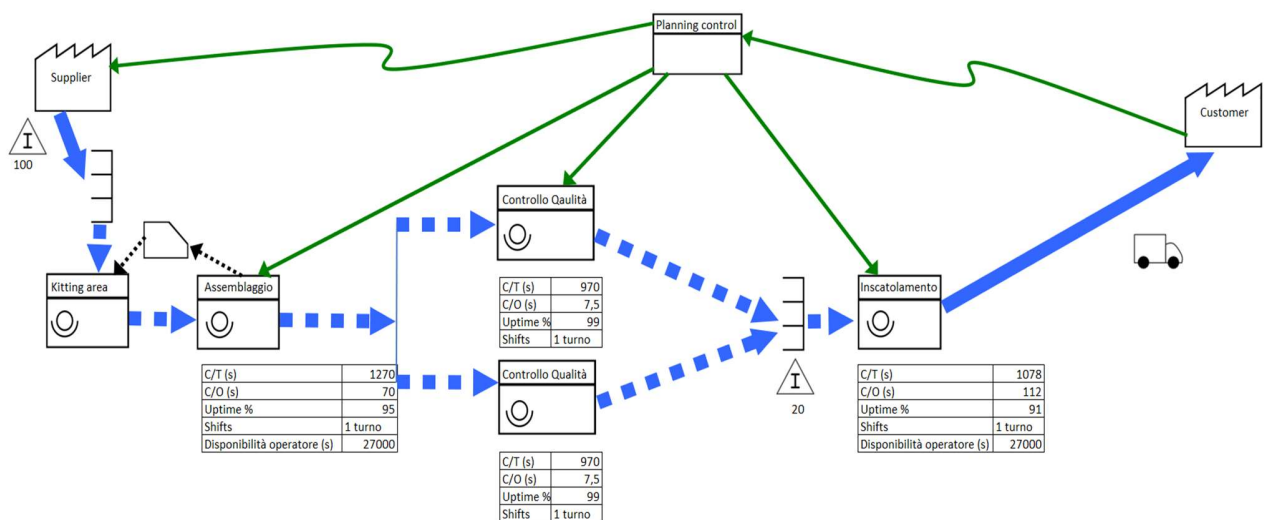


Figura 27 To be 1

Dove, abbiamo ritenuto necessario l'utilizzo di kit per la fase F10 con vassoi preparati a bordo magazzino automatizzato e messi su carrelli porta vassoi.

Il kitting o preparazione di kit è una strategia logistica che consiste nel raggruppare in un set le singole parti di cui si ha bisogno per l'assemblaggio di un prodotto, creando un



pacchetto chiamato appunto kit. Quest'ultimo viene consegnato ad altri operatori delle linee di assemblaggio che si occuperanno dell'assemblaggio del prodotto finale. Tale processo viene eseguito in anticipo per garantire la fornitura ininterrotta di prodotti alle linee di assemblaggio.

Questi componenti vengono quindi consegnati direttamente al punto di utilizzo, solitamente una parte specifica della catena di montaggio. Può aiutare a pensare al kitting come ai piatti di prelavaggio per una lavastoviglie, o a come un igienista pulirà e preparerà i tuoi denti prima che il dentista si presenti. L'utilizzo di un processo di kitting completo in un magazzino può essere un vantaggio impressionante per le tue operazioni e l'efficienza. Ecco perché.

- Riduce i requisiti di magazzino

I servizi di magazzinaggio e distribuzione basano i loro costi in parte sullo spazio occupato dai articoli. Un kit contenente più articoli con un unico SKU non solo occuperà meno spazio sugli scaffali rispetto agli articoli conservati separatamente, ma è considerato un unico articolo anche per i costi di spedizione. I processi di kitting nel magazzino introducono anche un utile livello di standardizzazione nella catena di approvvigionamento che aiuta a semplificare la modellazione dei costi. Dopotutto, il contenuto di ogni kit è predeterminato, il che rende il calcolo e la previsione dei costi molto più semplice che se i componenti dovessero essere disegnati separatamente. Il kitting rende anche molto più facile tenere traccia dei livelli di inventario poiché hai solo un oggetto su cui concentrarti.

- Migliora il processo di produzione

Per i produttori, il vantaggio principale del kitting è che riduce i tempi di manipolazione e lavorazione del materiale nel punto di utilizzo. Pensalo come cucinare. Senza kitting, trascorri del tempo a trovare ogni ingrediente o utensile poiché la ricetta lo richiede. Con il kitting, hai tutto ciò di cui hai bisogno vicino ai fornelli e puoi metterti al lavoro senza interruzioni. Kitting riduce anche il numero di consegne al punto di utilizzo e lo spazio di stoccaggio del materiale necessario per le linee di montaggio.

- Migliore controllo dell'inventario

Continuiamo per un momento con l'analogia in cucina. Immagina se la tua ricetta richiede del latte. Senza kitting, andresti al tuo frigorifero a prendere il latte, tranne per il fatto che all'improvviso scopri che il cartone perde o peggio, il latte è scaduto. Ora devi ritardare l'esecuzione della ricetta per ottenere una sostituzione. In alternativa, potresti scoprire che non hai latte o che stai finendo e che dovrai prenderne dell'altro per finire le altre ricette che hai pianificato più avanti nel corso della giornata. Con il kitting, entrambi questi scenari non si verificherebbero. Questo perché eventuali carenze o problemi di controllo della qualità verrebbero risolti prima di questo punto quando il kit viene assemblato per la prima volta.

Tuttavia, è necessario modificare il modo in cui si sceglie il prodotto, utilizza l'area di gestione temporanea e interagisce con i flussi di lavoro.

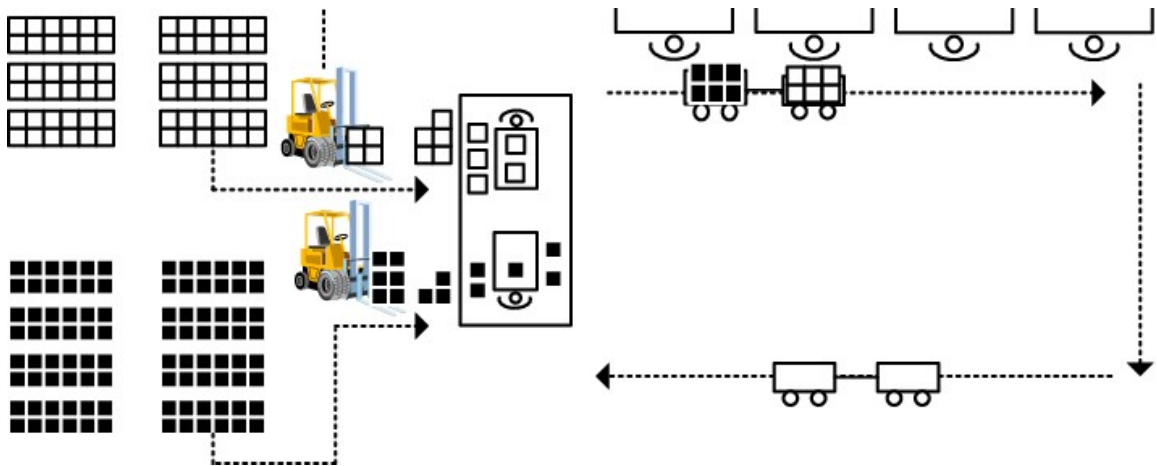


Figura 28 Flussi di lavoro

Pertanto la creazione di kit di montaggio sarà eseguita in questo modo:

- ✓ Riservare uno spazio vicino ai magazzini automatizzati per la creazione dei kit.

- ✓ Vengono preparati, nella postazione di kitting, dei vassoi su cui viene disposto il corpo del greenmix ed i componenti specifici del rubinetetto necessari per la FASE F10 (aeratore, miscelatore, circuito, manopola).



Figura 29 Vasoio

- ✓ I vassoi vengono trasportati dalla zona di preparazione (kitting area) alla linea tramite carrelli. I carrelli sono fatti in questo modo:



Figura 30 Carrello

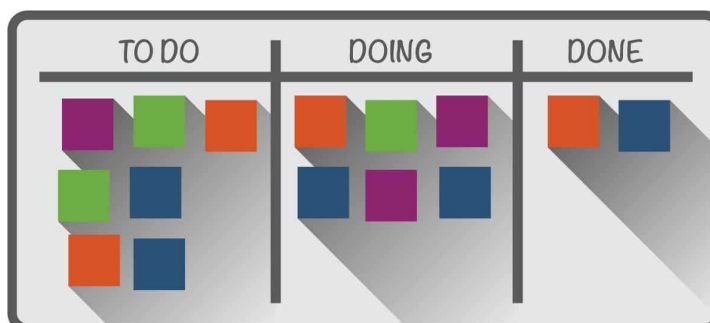
- ✓ Riprogettare la stazione di lavoro della FASE F10 tale da renderla adatta all'inserimento dei vassoi e per la gestione kanban dei contenitori.



Figura 31 Kanban

Kanban, termine giapponese che letteralmente significa "insegna", come abbiamo visto nei capitoli precedenti, indica un elemento del sistema "Just in time" di reintegrazione delle scorte a mano a mano che vengono consumate.

Il kanban, è apposto su un contenitore che una volta vuotato viene rifornito. Il flusso, in tempo reale, dell'approvvigionamento, evita gli stock di magazzino e i costi derivanti.



- ✓ Nastro trasportatore per far viaggiare i vassoi dalla fase F10 al controllo perdite (appartenente sempre alla fase F10).

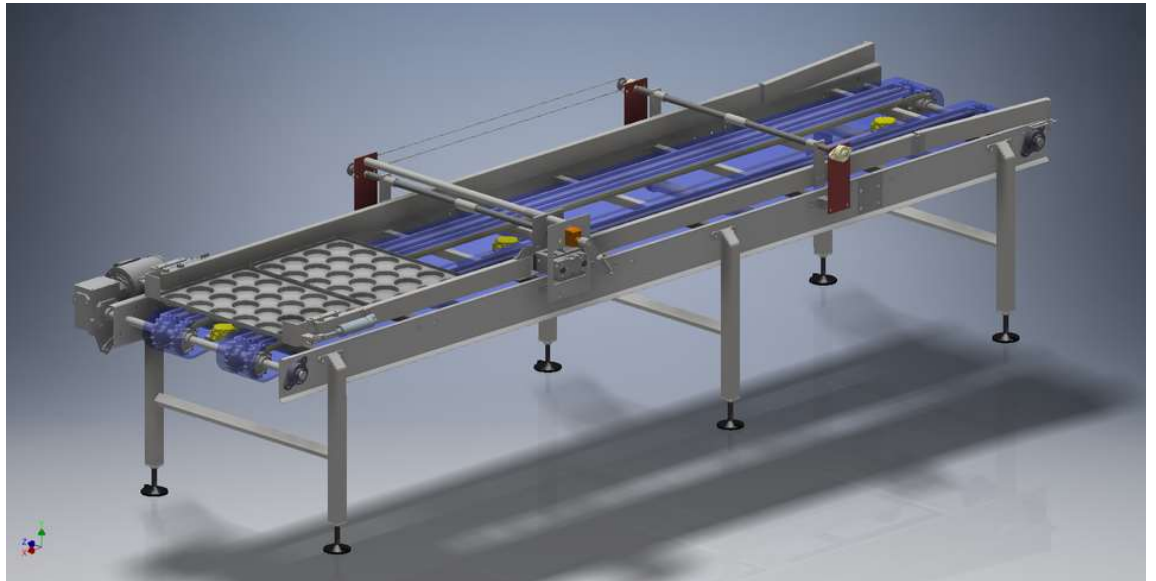


Figura 32 Nastro trasportatore

I nastri trasportatori sono degli strumenti molto diffusi, che vengono utilizzati in diversi ambiti. Tali nastri hanno forme e materiali di costruzione, diversi, adatti alla specifica funzione. Ne esistono di due macro categorie e cioè quelli adatti al trasporto di merce e materiale e quelli destinati al trasporto di persone.

Il nastro trasportatore nasce essenzialmente per lo spostamento e il trasporto di materiale da uno specifico punto ad un altro. E' costituito da una struttura che lo sorregge dove sono montati due rulli, uno in testa ed uno in coda dove scorre il tappeto. Questi rulli vengono tesi in modo tale che la superficie rimanga senza cedere. Se il nastro deve trasportare materiali molto pesanti ci si avvale di ulteriori rulli posti in intermezzo a quelli estremi o ancora meglio si può adottare un sistema senza nastro, ma solo a rulli.



Figura 33 Nastro trasportatore a rulli

Adottando questa strategia e specializzando i propri dipendenti nella preparazione dei set, si ottengono tempi, di fabbricazione del prodotto, più rapidi e maggiore efficienza nelle operazioni di assemblaggio.

- ✓ **Ottimizzazione dei tempi di ciclo:** in questo modo gli operatori delle linee di assemblaggio non devono cercare i materiali di cui hanno bisogno, perdendo tempo. Inoltre avremo una diminuzione degli errori nell'assemblaggio dei componenti.
- ✓ **Catena di approvvigionamento più dinamica:** dove le linee di assemblaggio e il magazzino sono perfettamente collegate. Dal migliore coordinamento tra le due aree si ottengono processi di fabbricazione più rapidi.
- ✓ **Riduzione degli errori e delle inefficienze:** gli operatori che preparano i kit devono essere specializzati in questo compito.
- ✓ **Maggiore produttività:** l'organizzazione dei kit si riflette in controllo dell'inventario più rigoroso e garantisce l'assemblaggio continuo e ininterrotto delle merci.

- ✓ **Migliore sfruttamento dello spazio:** gli operatori nelle linee di assemblaggio dispongono solo dei prodotti e degli strumenti essenziali per svolgere il proprio lavoro. Inoltre, viene occupato lo spazio strettamente necessario per ospitare i prodotti.

Oltre alla kitting area è necessario avere due macchine test con due lavoratori, per permettere di pareggiare (equilibrare la situazione) in termini di tempo tra l'assemblaggio e il controllo qualità.

La mappatura di una seconda proposta, con dei ulteriori miglioramenti, è rappresentata in questo modo:

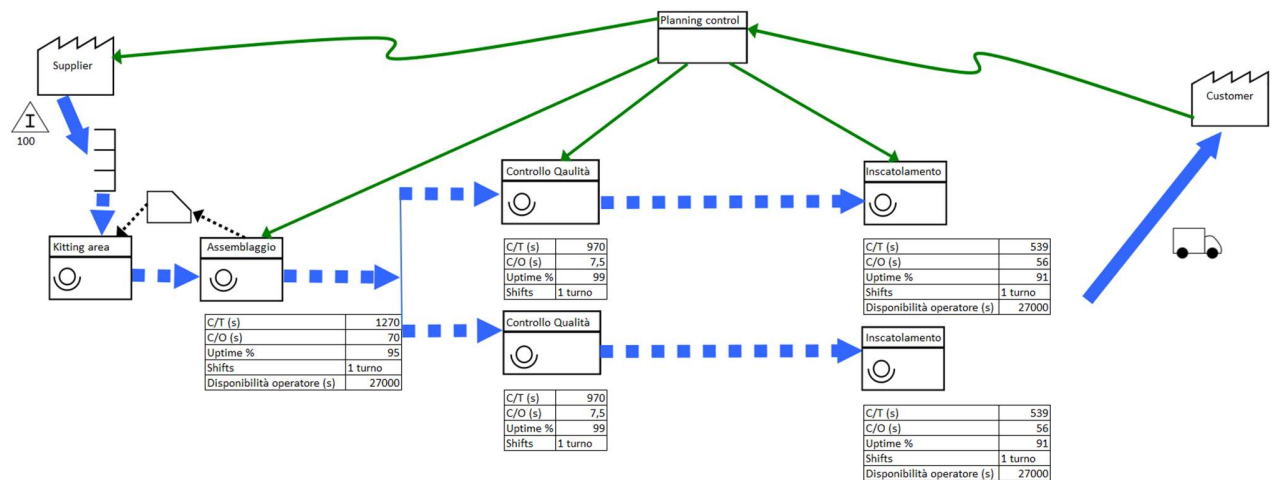


Figura 34 To be 2

A differenza della prima proposta, in questa mappatura andiamo a migliorare la fase di inscatolamento, raddoppiando quest'operazione e assumendo un altro operatore in modo tale da velocizzare ed equilibrare l'intero processo.

Per ottenere un bilanciamento della linea bisogna fare in modo che ogni stazione e ogni persona lavori allo stesso ritmo, evitando scorte intermedie e generando fluidità dall'entrata delle materie prime fino al prodotto finito. È facilmente comprensibile che se una stazione lavora con velocità doppia rispetto alle altre, per metà del tempo resterà in attesa del lavoro della fase precedente mentre produrrà a scorte per la fase successiva generando spreco in entrambi i casi. L'obiettivo del bilanciamento è quello di minimizzare il tempo, e ponderare il contenuto di lavoro su un periodo di tempo costante.

I vari criteri di bilanciamento si distinguono in:

- Bilanciamento sui contenuti di lavoro;
- Bilanciamento sul numero di risorse;
- Bilanciamento sulla schedulazione.

Nel bilanciamento sui contenuti di lavoro, noti i tempi, fissato il numero di postazioni, e noti i vincoli sia di precedenza tecnologica, sia di layout di linea, si assegna a ogni codice di prodotto la distribuzione delle operazioni alle postazioni, compatibilmente con i vincoli, in modo da minimizzare il tempo d'uscita.

Nel bilanciamento sul numero di risorse, fissate le operazioni da eseguire in ogni postazione, se la linea è ad assemblaggio manuale è possibile variare il numero di operatori da assegnare alle postazioni rispetto al classico uno per stazione; ciò può avvenire in rialzo, così da avere, più operatori in parallelo sulle stazioni più caricate e abbassarne lo station time a livello del takt time. Altrimenti, in ribasso assegnando allo stesso uomo stazioni i cui tempi sommati si avvicinano al takt time se si uniscono le più veloci, altrimenti a multipli del takt time. Variando al ribasso il numero di operatori, ovviamente non si riesce a diminuire il tempo d'uscita, per cui il confronto con il caso originale non va incentrato sulle quantità prodotte in un certo tempo, ma, a parità di prodotti, sull'efficienza di produzione, migliorata dai coefficienti di utilizzazione delle risorse.





*Figura 35 Stazione di lavoro*

E' fondamentale, quindi, la ristrutturazione del layout della stazione di lavoro e progettare la forma del contenitore più adatta in base al contenuto.

Quando si tratta di configurare una postazione di lavoro, bisogna mettere in primo piano l'adeguamento delle condizioni di lavoro alle persone e non l'adeguamento delle persone alle condizioni di lavoro date.

L'obiettivo di una configurazione della postazione di lavoro dovrebbe essere quello di assicurare un carico bilanciato per il collaboratore. Un carico che non sia né troppo eccessivo, né troppo esiguo contribuendo in questo modo a creare un'atmosfera di lavoro piacevole. Tutto ciò è, soprattutto, la base per un minore impatto sulla salute (effetti positivi sulla produttività, sulla salvaguardia della salute e sulla motivazione dei collaboratori) e per risultati di lavoro ottimali. In questi tempi di carenza di personale specializzato, sono proprio questi i punti da non sottovalutare.

Il risultato sarà un notevole contributo alla creazione di valore aggiunto e alla concorrenzialità dell'impresa.

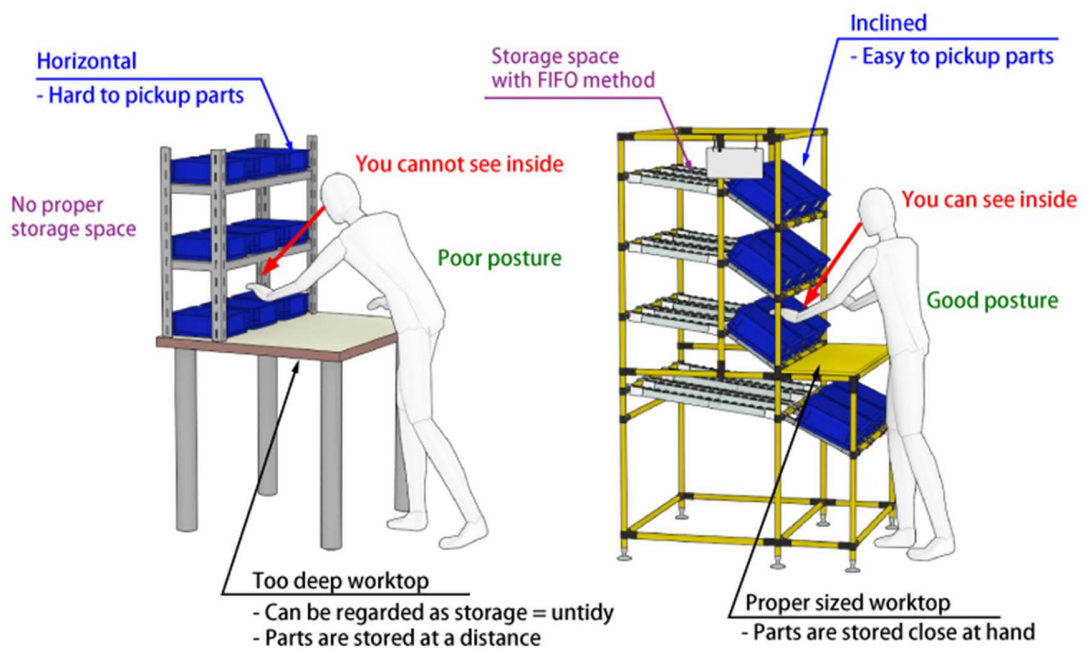


Figura 36 Postazione di lavoro

L'uso di un sistema FIFO è semplice ed efficiente e garantisce che il personale sappia esattamente cosa sta entrando e uscendo in ogni momento.

Oltre alla ristrutturazione del layout della stazione di lavoro e progettazione della forma del contenitore più adatta in base al contenuto, è importante, nel nostro caso, la gestione kanban dei contenitori per i fogli, istruzioni, cavi, ecc.

Guardando al futuro e supponendo che i volumi produttivi aumenteranno, l'azienda DMP Electronics può prendere in considerazione anche l'introduzione di una linea mizumashi (servizio di logistica avanzata che collega tutte le celle produttive all'interno della fabbrica).

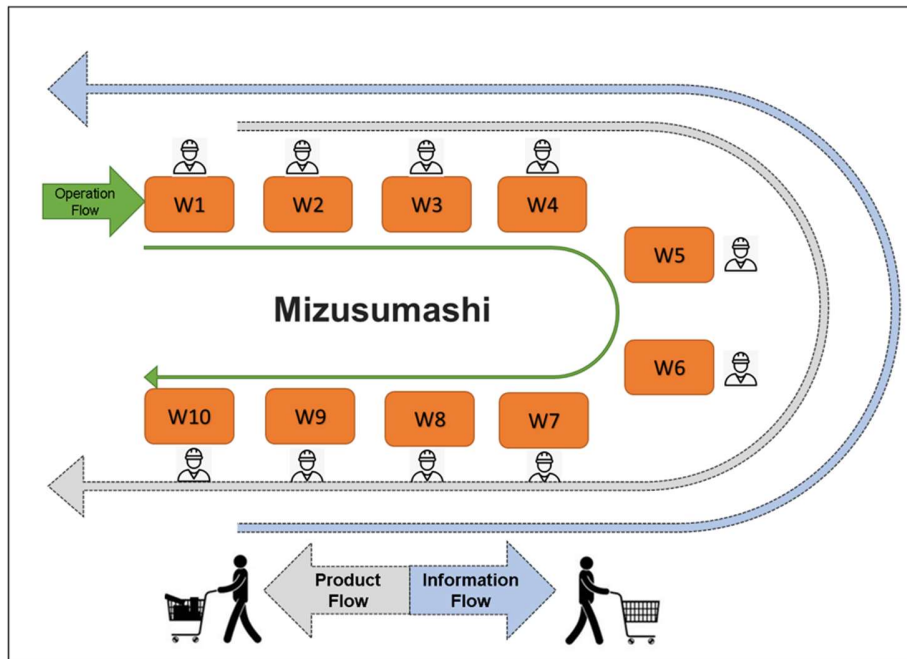


Figura 37 Mizusumashi

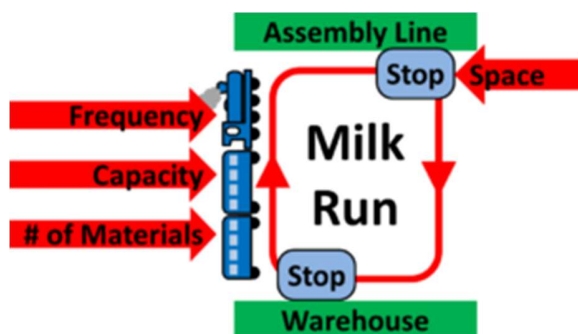
Compito principale di questa implementazione, è quello di garantire che i materiali vengano forniti dove e quando sono necessari. Prepara un carrello di ordini per l'operatore di montaggio, in modo che l'operatore possa concentrarsi sul proprio valore aggiunto e contribuire a una maggiore produttività complessiva.

Anche l'eccesso di movimento, inventario e trasporto è uno spreco, perciò Mizusumashi aiuta a controllarlo concentrandosi sui requisiti del momento.

### **Metodologia Mizusumashi:**

- Stabilire la posizione del dell'operatore-fornitore.
- Stabilisci ruoli, responsabilità e obiettivi in linea con lo scopo di Mizusumashi.
- In Mizusumashi il ruolo dell'operatore-fornitore è molto importante poiché i loro obiettivi allineati sono anche quelli di ridurre i tempi di esecuzione del processo e ridurre gli sprechi.

- L'operatore-fornitore è responsabile del rifornimento di materiale nel punto di utilizzo, trasportando i materiali dai supermercati Lean all'area di produzione. Sono anche responsabili del flusso di informazioni che origina tutti i rifornimenti.
- Crea percorsi e orari per il rifornimento di Mizusumashi che stabiliranno un processo standard, con metodologia Lean Supermarket e Milk run.



Il sistema Milk Run è un metodo di consegna delle scorte e delle materie prime tra il magazzino e le linee di produzione/assemblaggio. Si basa sulla filosofia di PULL, mantenendo basse le scorte e rendendo facile la fornitura del materiale. Adatto alle produzioni in serie, anche svolto con filosofia “Just In Time”, o utilizzato con il Kitting svolge un ruolo fondamentale nell'organizzazione logistica.

La differenza tra il Milk Run e altri sistemi di approvvigionamento sta nelle consegne in piccole quantità, di solo quello che serve per il compito specifico.

Quindi, grazie a questo concetto si può fare la fornitura del bene necessario per portare avanti il processo produttivo in chiave snella, limitando sprechi, scorte inutili e tempi morti. Per produrre nella quantità necessaria (seguendo la logica “Just In Time”) c'è bisogno di un sistema Milk Run che consenta di ottenere solo ciò che serve.

- Non lasciare che la linea di produzione si fermi, poiché il sistema Mizusumashi può essere utilizzato al meglio con il sistema Kanban.
- Il percorso deve essere libero e avere un po' di spazio senza interruzioni per un flusso regolare.

- L'operatore-fornitore dovrebbe agganciare il carrello vuoto raccogliendo i rispettivi Kanban.
- L'operatore-fornitore deve conoscere i processi delle operazioni che sta supportando. Questa conoscenza aiuta a identificare eventuali inefficienze.

### **Vantaggi di Mizusumashi:**

- ✓ Elimina le operazioni inattive.
- ✓ Riduce gli sprechi di movimento e di trasporto
- ✓ Migliora la produttività
- ✓ Diminuire la quantità di scorte WIP in diverse stazioni.
- ✓ Stato delle scorte WIP aggiornato.

Un aspetto migliore di un Mizusumashi è che è uno strumento incentrato sul sistema, non sulla persona, nel senso che tutto il lavoro ruota attorno all'efficienza del sistema. Questo è importante perché non è accettabile che il Mizusumashi faccia qualche giro semivuoto, non consegnando materiale a tutte le stazioni di lavoro, servendo quelle poche stazioni che ne hanno bisogno.

A facilitare lo scorrimento e la velocizzazione della fase F20 di inscatolamento, è importante analizzare una possibile valutazione d'acquisto di una stazione automatizzata per la formazione delle scatole (GRANDI srl packaging).

#### ➤ Incartonatrici orizzontali

Tali incartonatrici montano automaticamente cartoni in cartone in ondulato, ad alta velocità e con la massima affidabilità. Disponibili anche per grandi formati, sono rapidamente regolabili per il cambio delle dimensioni delle scatole da formare.



➤ Incartonatrici verticali



Da verificare con l'azienda fornitrice la possibilità di creare i formati e la struttura di scatole richieste.

## 9. Conclusione

La tesi appena presentata riassume un progetto svolto all'interno del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche in collaborazione con l'azienda DMP Electronics utilizzando le risorse di una nell'ambiente dell'altra. Il lavoro si inserisce in un piano di miglioramento aziendale e ha permesso di fornire future soluzioni alle problematiche quotidianamente presenti all'interno di ogni realtà aziendale e più specificatamente a quelle legate alle linee di assemblaggio.

Dalle analisi effettuate è emerso che la mappatura dettagliata della situazione attuale (parte della metodologia VSM) delle linee di assemblaggio della DMP Electronics e la successiva individuazione dei wastes rappresentino degli strumenti chiave per una futura riduzione della percentuale di scarto.

Ci sono varie tecniche per progettare, implementare, sostenere e migliorare i flussi continui. Il metodo trattato finora, è tra il migliore che abbiamo trovato in quanto porta miglioramenti e ci permette di valutare nuovi investimenti all'interno delle realtà aziendali.

Creare, eseguire e migliorare il flusso continuo è un'attività continua che richiede a operatori, ingegneri e manager di lavorare cooperando. Raggiungerlo richiede che le persone nell'organizzazione siano disposte a cambiare il modo in cui le cose vengono fatte. Fortunatamente, tutti beneficiano di celle ben progettate e ben gestite. Il flusso continuo dovrebbe essere riconosciuto come un elemento chiave di una strategia a lungo termine che migliora la competitività di un'organizzazione.

## 10. Bibliografia

Mike Rother and Rick Harris (June 2001). Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers and Production Associates.

Mike Rother and John Shook. Learning to See: VALUE STREAM MAPPING TO CREATE VALUE AND ELIMINATE MUDA.

Valeria Belvedere, Francesco Cuttaia, Monica Rossi, Luca Stringhetti (2019). Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development.

## 11. Sitografia

<https://www.dmpelectronics.com/it/>

<http://wafi.iit.cnr.it/lab/LPW/progettini/2018-06-25/532420/>

<https://www.ilciclodilavorazione.it/575/tutti-i-generi-di-documento/la-linea-di-assemblaggio-o-di-montaggio>

<https://www.lucidchart.com/blog/as-is-process-analysis#:~:text=As%2Dis%20process%20analysis%20or,within%20a%20department%20or%20team.>

<https://www.leadershipmanagementmagazine.com/articoli/perche-la-misura-dei-tempi-e-tornata-di-moda/>

<https://www.giffinoleggi.com/it/nastri-trasportatori-cosa-sono-e-come-funzionano.html>

<http://www.leansupplysolutions.com/blog/the-advantages-to-using-a-kitting-process-in-manufacturing/>

<https://www.kaizen-coach.com/en/lean-dictionary/mizusumashi>



## 12. Ringraziamenti

Al termine di questo tragitto desidero ringraziare tutti coloro che sono stati al mio fianco, appoggiandomi in tutto e dandomi consigli utili per migliorare dal punto di vista professionale.

Desidero ringraziare innanzitutto i miei genitori e mia sorella, che hanno avuto sempre fiducia nelle mie potenzialità e mi sono stati vicini sia nei momenti felici che in quelli meno felici, aiutandomi ad affrontare tutti gli ostacoli che si sono presentati durante il mio percorso formativo.

Ringrazio anche i miei familiari più stretti, con speciale riguardo a mio zio, che nonostante la distanza sono stati sempre presenti.

Vorrei inoltre ringraziare i miei amici più cari ed in particolare Emilia e Rudi che anche nelle situazioni più difficili sono riuscite a trasmettermi tanta positività ed allegria.

Ringrazio poi il mio ragazzo, la persona che ha creduto in me durante tutto questo tempo.

Ho avuto tanto da imparare dal Prof. Filippo Emanuele Ciarapica e dall'Ing. Sara Antomarioni, pertanto desidero ringraziarli per la disponibilità e l'aiuto offertomi nella redazione della tesi.

