



Lean

**Principi e strategie
della Lean Production**

Edizione 01.22

DISPENSA SULLA LEAN PRODUCTION

1. I cinque principi del Lean Thinking	3
1.1 Il primo principio: Value	3
1.2 Il secondo principio: Map.....	3
1.3 Il terzo principio: Flow.....	3
1.4 Il quarto principio: Pull	3
1.5 Il quinto principio: Perfection.....	3
2. Il Toyota Production System (TPS)	5
3. I sette sprechi (MUDA)	6
4. Just-in-Time: il primo pilastro del TPS	8
4.1 Sistema Pull.....	8
4.1.1 Kanban	8
4.2 Sistema One-Piece-Flow	11
4.3 Takt-Time	12
5. Jidoka: il secondo pilastro del TPS	12
6. I principi fondanti del TPS	13
6.1 Heijunka	13
6.2 Standardized Work.....	14
6.3 Kaizen.....	15
7. Approfondimenti	16
7.1 Visual Management.....	16
7.2 Skill Matrix	17
7.3 5S.....	17
7.4 SMED.....	19
7.5 Poka-Yoke	20
7.6 Problem Solving	20
7.7 OEE.....	21

Il Lean Thinking o pensiero snello, è uno stile di management focalizzato sulla semplificazione del lavoro e sulla caccia ed eliminazione degli sprechi (in giapponese "Muda"). Questi sprechi sono costituiti da tutte quelle attività, eseguite durante la produzione, che assorbono risorse senza creare valore: procedure di cui non c'è bisogno, spostamenti di materiale e personale da un posto ad un altro senza motivo, imprecisioni nelle fasi di produzione che richiedono rilavorazioni, gruppi di persone in linea di montaggio ferme ad attendere il completamento della fase precedente, produzione di beni e servizi che non incontrano i bisogni dei clienti. Cinque sono i principi chiave che devono essere accolti da una azienda per adottare ed implementare la metodologia della Lean Production.

1.1 Il primo principio: VALUE



Il punto di partenza per la Lean Production è il concetto di Valore che va ripensato dal punto di vista del cliente. Solo una piccola parte delle azioni e del tempo totale che sono impiegate per produrre uno specifico prodotto aggiungono effettivo valore per il cliente finale. È di fondamentale importanza definire il valore del prodotto secondo la prospettiva del cliente, così che si possa procedere alla rimozione passo dopo passo di tutte le attività a non valore o MUDA (sprechi).

1.2 Il secondo principio: MAP



Una volta definito cos'è il valore per il cliente, è necessario concentrarsi sull'analisi delle attività che lo creano. L'analisi coinvolge tutte le attività che vanno dalla progettazione, alla gestione dell'ordine sino alla produzione del prodotto, identificando, ovvero mappando:

- Le attività che creano valore percepito come tale dal cliente;
- Le attività che non creano valore, ma che sono indispensabili, stanti gli attuali sistemi di produzione e gestione. Queste attività non possono essere immediatamente eliminate.
- Le attività che non creano valore e che possono essere eliminate da subito.

1.3 Il terzo principio: FLOW



Dopo aver definito il valore e dopo che il flusso di valore è stato completamente mappato ed è stato eliminato ogni tipo di spreco, ci si concentra sulle attività che creano valore. L'obiettivo è fare in modo che queste attività creatrici di valore fluiscano in modo costante e continuo. Per fare questo bisogna rivedere come organizzare il lavoro, che tipo di attrezzature impiegare per facilitare la produzione al fine di evitare flussi a ritroso, scarti e fermate, quale struttura creare per facilitare il flusso, che tipo di figure professionali cercare.

1.4 Il quarto principio: PULL

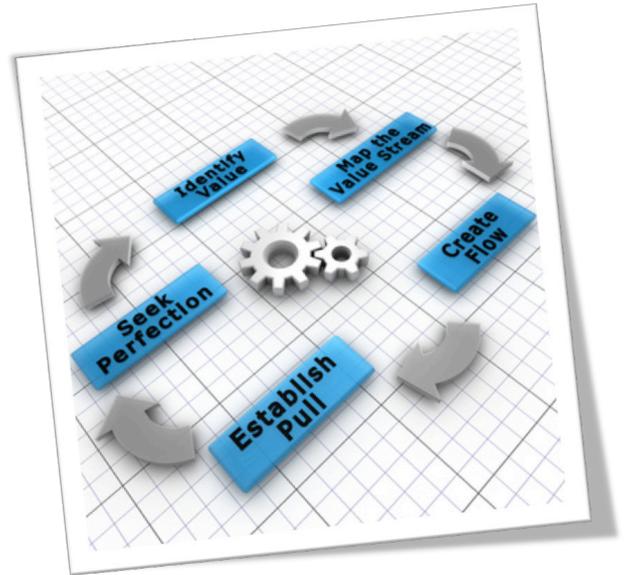


Il termine Pull indica che a monte non vengono prodotti beni sino a l momento in cui il cliente a valle li richiede. Questo consente di evitare di alzare il livello di scorte da parte del produttore del bene, dei suoi fornitori e così via sino alle aziende produttrici delle materie prime. Un altro beneficio immediato che apporta la gestione "Pull" è la stabilizzazione della domanda finale. Questo avviene perché è il cliente che ordina quello che vuole e non l'azienda produttrice che, per eliminare le scorte dovute alla sovrapproduzione tipica dei lotti, applica delle campagne di sconti e promozioni per forzare la domanda verso un particolare tipo di prodotto.

1.5 Il quinto principio: PERFECTION



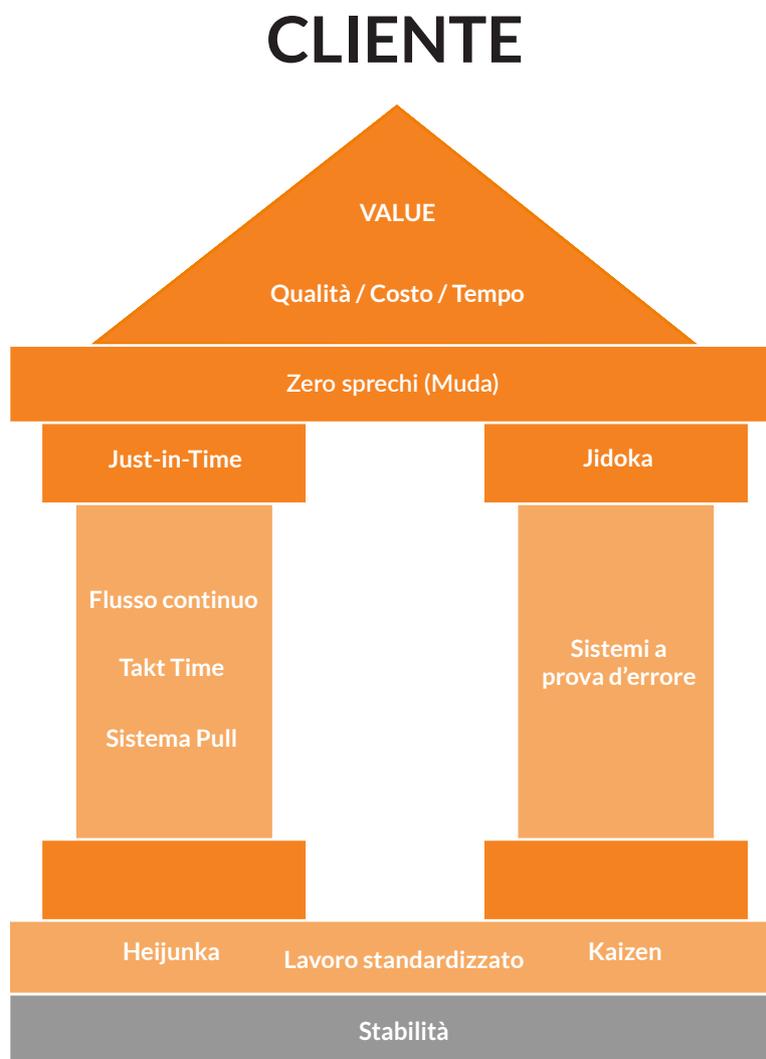
Una volta definito accuratamente il valore, identificato il flusso di valore, fatto sì che i diversi passaggi fluiscano con continuità e che il cliente possa "tirare" il valore dell'impresa, è necessario perseguire la perfezione tramite continui miglioramenti (Kaizen).



La filosofia Lean ha le sue radici nel "Toyota Production System", che nasce in Giappone tra gli anni '50 e '60 per mano di alcuni manager della Toyota, tra cui Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare dal giovane ingegnere Taiichi Ohno. Il Toyota Production System è un metodo di organizzazione della produzione derivato da una filosofia diversa e per alcuni aspetti alternativa alla produzione di massa, ovvero alla produzione in serie e spesso su larga scala basata sulla catena di montaggio di Henry Ford. Alla base del TPS si trova l'idea di "fare di più con meno", cioè di utilizzare le (poche) risorse disponibili nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare drasticamente la produttività della fabbrica.

Il Toyota Production System viene spesso illustrato con una figura che rappresenta una casa che si fonda su due pilastri: il Just-in-time e il Jidoka. L'obiettivo di questo sistema di produzione, indicato sul tetto della casa, è di raggiungere la migliore qualità, al prezzo più basso e nel minor tempo possibile. Questo sistema utilizza una serie di strumenti, esposti nel seguito, che seguono tutti il filo conduttore della caccia ed eliminazione degli sprechi (Muda).

Per perseguire l'eliminazione del Muda si opera su tutti gli aspetti del processo produttivo con un approccio basato sul miglioramento continuo e a piccoli passi, detto Kaizen. Gli straordinari risultati ottenuti utilizzando questa nuova filosofia produttiva hanno portato all'affermazione del TPS, ribattezzato anche Lean Production (Produzione Snella) per evidenziare l'aspetto di eliminazione di tutto ciò che essendo superfluo appesantisce il sistema generando costi anziché valore.



Zero sprechi (Muda)

La caccia agli sprechi è il primo dei principi che dà vita a tutti gli strumenti da applicare per la creazione di un'organizzazione snella.

Lo spreco è costituito da tutte quelle attività o modi di utilizzare le risorse che non forniscono al prodotto un valore aggiunto. Pertanto, tutto quanto non serve ad incrementare il valore del prodotto come viene percepito dal cliente e per cui il cliente è disposto a pagare, è considerato spreco e, in quanto tale, va eliminato.

Gli sprechi sono inoltre classificati in sette tipologie, tra cui la più grave è la sovrapproduzione, in quanto è all'origine degli altri tipi di sprechi, in particolare delle scorte, dei difetti e dei trasporti.



Sovrapproduzione

Consiste nel produrre una quantità di componenti o prodotti finiti superiore alla domanda. La sovrapproduzione è lo spreco più pericoloso poiché comporta l'utilizzo di risorse aziendali, l'impiego di magazzini interni per stoccare i prodotti in attesa che questi siano venduti.



Attese

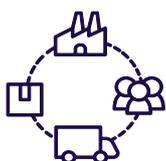
E' lo spreco più facilmente individuabile. Si manifesta ogni qualvolta un operatore non svolge alcun lavoro in attesa di materiale (da parte del fornitore o del magazzino) o di mezzi di produzione.



Trasporti

Ogni volta che un prodotto viene movimentato rischia di essere danneggiato, perso, ecc ma non solo. Poiché il trasporto non comporta alcuna trasformazione al prodotto che il cliente è disposto a pagare, risulta essere un'attività non a valore aggiunto. Spesso il trasporto si trasforma in uno spreco perché:

- il layout dello stabilimento è obsoleto o è stato progettato non correttamente;
- gli spazi occupati dalle linee di produzione sono eccessivi rispetto alle reali necessità;
- i materiali sono approvvigionati e stoccati in imballi che contengono materiali in quantità eccessive e non coerenti con quelle realmente utilizzate;
- il lavoro è organizzato senza precise sequenze di prelievo e le attrezzature non sono studiate per ottimizzare i trasporti interni.



Processo

Questo tipo di spreco si manifesta quando il processo produttivo non dispone di mezzi (attrezzature, macchinari, operatori) e procedure adeguate. Nel caso specifico delle attrezzature e dei macchinari si creano degli sprechi quando ad esempio si utilizzano attrezzature o i macchinari con capacità produttive superiori alla richiesta oppure nel caso degli operatori si rende necessaria la presenza di un operatore per rimuovere i pezzi finiti dalla macchina e accatastarli in appositi contenitori, invece ad esempio, di ricorrere ad un sistema di fuoriuscita dei pezzi che, per gravità, vanno ad accatastarsi automaticamente in un determinato contenitore.

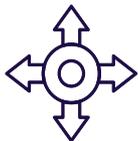


Scorte

I materiali prodotti in eccesso rispetto ai reali fabbisogni ovunque essi si trovino, sulle linee di produzione, nei magazzini, in ordine presso i fornitori, sono considerati sprechi sia di spazio che di risorse finanziarie.

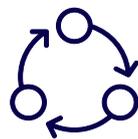
Con il termine scorte si identifica infatti tutto ciò che giace in attesa di un evento (una lavorazione successiva, la vendita) e quindi si tratta di tempo durante il quale non viene aggiunto al prodotto alcun valore.

Inoltre la continua movimentazione da un luogo all'altro di materiale di scorta può creare inconvenienti legati al danneggiamento da trasporto. Ma non solo: il materiale in giacenza può peggiorare la sua qualità e diventare obsoleto.



Movimenti inutili

Il lavoro utile è quel particolare tipo di movimento che produce valore. Sono da considerarsi movimenti improduttivi tutti quei tipi di movimenti che comportano spostamenti inutili dovuti a layout mal disegnati o a strutture sovradimensionate ed azioni improduttive imputabili a posti di lavoro non studiati ergonomicamente.



Rilavorazioni

Ogni volta che si esegue un'operazione che produce un pezzo difettoso e necessario correggere il difetto. Un prodotto non conforme comporta per l'azienda grossi oneri sia finanziari che di immagine. I difetti rallentano la produzione ed fanno aumentare il lead time. Se poi addirittura i difetti vengono rilevati dal cliente, i costi crescono ulteriormente, poiché si rende necessario impostare una struttura in grado di gestire i reclami, sostenere le spese derivanti dalle riparazioni, dallo smontaggio e riassetto e dalla consegna.

Le principali cause dei 7 tipi di sprechi sono individuabili nel layout male organizzato, nei lead time troppo lunghi, nell'inadeguatezza del processo produttivo, nella manutenzione inadeguata, nelle scarse procedure di lavoro (vedi tecnica del Visual Management), nella mancanza di formazione del personale (vedi strumento Skill Matrix, descritto nelle pagine successive), nella scarsa capacità di supervisione, nell'errata progettazione del prodotto o del processo produttivo, nella mancanza di indicatori di Performance, nell'inefficiente pianificazione e programmazione della produzione, nell'inadeguatezza delle attrezzature, nella mancanza di organizzazione dello spazio di lavoro (vedi metodologia 5S, illustrata nelle pagine a seguire) e nella qualità dei fornitori.

MUDA	METODO LEAN		
	JIT	JIDOKA	WO
Sovraproduzione	***	*	
Attese	***		
Trasporti	***		
Processo	*		***
Scorte	***	*	
Movimenti inutili	*		***
Rilavorazioni	*	***	*

Gli sprechi possono essere eliminati attraverso i metodi principali che rappresentano i pilastri della cosiddetta "Casa del Lean".



Devo ricordarmi di approfondire!
Visual Management a pag. 16.



Devo ricordarmi di approfondire!
Skill Matrix a pag.17
5S a pag.17.

Occorre ricordare che i Muda sono solo uno dei tre elementi negativi che il lean combatte nei processi, ovvero le cosiddette tre "MU":



- **Muda**: spreco, perdita.



- **Muri**: è il termine che indica il sovraccarico delle persone o delle risorse. Il sovraccarico per le persone può provocare, a lungo termine, la possibilità di infortuni o malattie professionali, dovuti agli sforzi eccessivi a cui sono sottoposti i lavoratori. A breve termine invece le conseguenze del sovraccarico si possono presentare come strappi muscolari, contusioni o simili. L'effetto è l'assenza dal lavoro per periodi più o meno lunghi da parte dei lavoratori e insoddisfazione generale del personale. Analogamente lo sfruttamento eccessivo dei macchinari può portare, a lungo termine, ad una usura accelerata, a rotture con conseguente stop della produzione per la manutenzione e per la riparazione, o addirittura si può presentare la necessità di cambiare macchinario.

Ragionando a lungo termine il piccolo beneficio che si può ottenere a breve termine sovraccaricando personale e risorse si trasforma in spreco di tempo e denaro. L'obiettivo è quindi quello di organizzare il lavoro in modo corretto, ma anche quello di applicare tutti quei piccoli accorgimenti che possono ridurre il carico di lavoro senza diminuire la produttività.



- **Mura**: indica le fluttuazioni, variazione, irregolarità del carico del lavoro (della domanda). Tali fluttuazioni portano a fasi in cui vi è un sovraccarico di lavoro (muri) e ad altre fasi in cui la forza lavoro e i macchinari risultano sovradimensionati (si creano delle pause-muda). Il flusso produttivo ne risulta disturbato.

4. Just-in-Time: il primo pilastro del TPS

Il Just-In-Time (JIT) è un metodo logistico-produttivo finalizzato all'eliminazione degli stock e delle giacenze di materiale in fabbrica. Si basa sul concetto di produrre solo quando serve, vale a dire quando si manifesta la domanda del cliente che sta immediatamente a valle seguendo il flusso del processo. Questo modo di organizzare il lancio della produzione, unitamente all'adozione di lotti sempre più piccoli permessi dall'introduzione delle tecniche di set-up rapido (SMED), elimina o riduce drasticamente lo stazionamento del materiale fermo in attesa di essere lavorato, riducendo quindi il tempo totale di attraversamento che passa da giorni a ore.

Il JIT si compone di tre elementi:

- Sistema Pull
- Sistema One-Piece-Flow
- Takt Time.



4.1 Sistema Pull

La produzione di tipo Pull si contrappone ai sistemi tradizionali (Push), basati su programmi di produzione fissati in un tempo precedente e quindi inevitabilmente destinati a non rispecchiare l'effettiva domanda. Con il sistema Pull, invece, l'avanzamento del flusso produttivo è guidato dai clienti: a monte non si producono beni fino al momento in cui il cliente a valle, sia interno che esterno, non li richiede.



Devo ricordarmi di approfondire!
SMED a pag. 19.

4.1.1 Kanban



Lo strumento che governa questo sistema è il KANBAN (che significa cartellino), un sistema visivo - un cartellino, un segnale, un'area, etc - che trasmette una serie di istruzioni comunicando informazioni sui materiali da approvvigionare o i componenti da produrre. Esempio tipico di Kanban è un cartellino che accompagna un contenitore o un pallet in cui sono riportati:

- Un numero di identificazione
- Un numero di componente
- Una descrizione del componente
- Da dove arriva (fornitore)
- Dove deve andare (cliente).



Ci sono 2 tipi di cartellini Kanban:

- 1 **Kanban movimentazione/prelievo**: servono per spostare componenti o materiali verso un processo produttivo.
- 2 **Kanban produzione**: rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle.

Il **Kanban di movimentazione** autorizza il movimento di un componente tra due specificati centri di produzione. Esso indica i tipi e le quantità di componenti che il processo successivo deve ritirare dal processo precedente ed è impiegato per far risalire il consumo tra le varie fasi di lavorazione - operazione.

N. posizione nel magazzino: 5E215 Codice del pezzo			Operazione a monte FORGIATURA B - 2
N. disegno del pezzo: 35670507			
Denominazione del pezzo: PIGNONE CONDUTTORE			Operazione a valle LAVORAZIONE MECCANICA M - 6
Veicolo tipo: S x 50 BC			
Capacità del contenitore	Contenitore tipo	Numero di emissione	
20	B	4/8	

fase che realizza il pezzo e posizione presso cui ritirare

La scheda circola tra il punto di stoccaggio esterno o in uscita dal centro di rifornimento (dove la parte è prodotta) e il punto di stoccaggio in entrata del centro di produzione utente. Il cartellino è sempre associato ad un contenitore standard di parti quando questo è spostato al centro di produzione che le utilizza.

Le informazioni del cartellino di movimentazione includono:

- il numero di codice del componente
- la capacità del contenitore
- il numero del cartellino
- il numero del centro di produzione fornitore
- il numero del punto di stoccaggio in uscita di quel centro di produzione
- il numero del centro di produzione utente
- il numero del punto di stoccaggio in entrata di quel centro di produzione
- il tipo e la quantità di prodotto che la fase a valle deve ritirare da quella a monte.

Quando un contenitore di parti è selezionato per l'uso dal punto di stoccaggio in entrata, il cartellino di movimentazione è staccato e messo in una scatola di raccolta. Sarà presa e ripartita al centro di rifornimento come autorizzazione per prendere un altro contenitore di parti. I cartellini di movimentazione, perciò, circolano solo tra centri di produzione e ciascuno riguarda solo un particolare componente.

Il **Kanban produzione** autorizza la produzione di un contenitore standard di parti per rimpiazzarne uno appena prelevato da un punto di stoccaggio in uscita. Esso indica l'esatta quantità ed il tipo di prodotto che deve essere prodotta dal processo precedente (fase a monte). Questi cartellini sono usati solamente al centro di produzione ed al suo punto di stoccaggio in uscita.

Le informazioni sulla scheda di produzione sono:

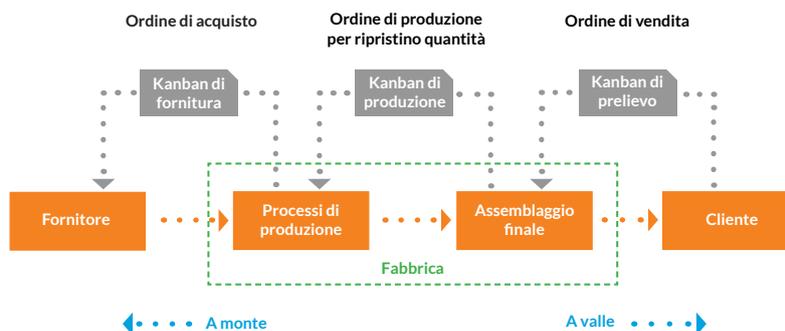
- il numero di codice della parte da produrre
- la capacità del contenitore
- il numero del centro fornitore.

N. posizione nel magazzino: F 26 - 18 Codice del pezzo			Operazione LAVORAZIONE MECCANICA SB - 8
N. disegno del pezzo: 56790 - 321			
Denominazione del pezzo: ALBERO A GOMITI			
Veicolo tipo: S x 50 BC - 150			

la fase SB - 8 deve produrre l'albero a gomiti per il veicolo SX50BC - 150. Tale pezzo deve essere depositato nella posizione F26 - 18

Quali sono le regole del Kanban?

- 1 I contenitori (carrelli, pallets....) devono sempre contenere lo stesso numero di pezzi (predefinito).
- 2 L'area di parcheggio dei contenitori (sia pieni che vuoti) è fissa e predefinita (segnaletica orizzontale, etichette per scaffalature).
- 3 Un cartellino Kanban contiene sempre lo stesso (predefinito) numero di pezzi (quantità base).
- 4 I cartellini debbono necessariamente essere affissi ai contenitori.
- 5 Un contenitore pieno si può spostare solo se ha il cartellino.
- 6 Un cartellino Kanban mostra: la descrizione del pezzo - il suo codice - la quantità di pezzi nel contenitore - la quantità totale di pezzi da produrre (se superiore alla quantità base).



Produzione Pull con il sistema Kanban

Ogni centro di produzione fornito di un punto di stoccaggio all'ingresso per i materiali necessari ed in uscita per il prodotto finito del centro stesso. Lo stoccaggio dei componenti avviene in contenitori standard che avranno sempre applicato un singolo cartellino di uno dei seguenti tipi:

- **Cartellino Kanban di trasferimento (KB-T)**: autorizza il prelievo di un contenitore da un centro di produzione e la sua movimentazione e consegna ad un altro centro.
- **Cartellino Kanban di produzione (KB-P)**: autorizza un centro di produzione a produrre componenti per riempire un contenitore.

I contenitori pieni nel punto di stoccaggio all'ingresso del centro di produzione hanno applicato un KB-T, mentre i contenitori pieni nel punto di stoccaggio in uscita hanno applicato un KB-P.

Quando un componente si esaurisce l'operatore preleva il contenitore pieno dal punto di stoccaggio all'ingresso, stacca il relativo KB-T, lo attacca al contenitore vuoto e lo manda al reparto a monte autorizzando così il trasferimento di un contenitore. Nel punto in uscita del reparto a monte viene tolto un KB-P da un contenitore pieno, sostituito con il KB-T arrivato e spedito a valle. Il KB-P rimane nel reparto e autorizza la produzione di un lotto di particolari (si noti che le dimensioni dei lotti sono uguali al contenuto dei contenitori).

Ogni cartellino deve riportare tutte le indicazioni necessarie a identificare e produrre il componente e il numero dei pezzi nel contenitore, viene usato per un solo particolare e circola tra una coppia ben definita di centri di produzione. Il flusso dei cartellini tra reparti può includere anche un fornitore esterno di particolari.

Il sistema ha il suo inizio logico nel punto di stoccaggio all'ingresso della linea finale di assemblaggio. La produzione inizia da una richiesta di prodotto finito e ogni centro funziona da fornitore per il centro a valle e da cliente per quello a monte.

L'avanzamento della produzione è di tipo "tirato" in quanto il Kanban, partendo dalla programmazione del prodotto finito, tira lungo il ciclo di trasformazione le quantità di sottoprodotti necessarie dosandone esattamente la richiesta in funzione dell'ordine finale. Rispetto ai normali sistemi di programmazione che "spingono" i materiali lungo le varie fasi fino al prodotto finito il sistema Kanban è più snello e graduabile ed evita gli esuberanti in linea.

Il kanban però può essere distinto in più tipologie che vanno applicate a seconda del contesto di utilizzo.

SINGLE CARD KANBAN

Utilizza il solo kanban di movimentazione. Esso, generalmente, viene utilizzato nei casi di particolare vicinanza tra i reparti operativi. È la tipologia più utilizzata, prevede per un determinato componente un numero di contenitori con una quantità di pezzi predefinita e ad ogni contenitore è associato un kanban per il ripristino. Quando si svuota un contenitore il kanban ad esso associato vale come ordine di ripristino per il fornitore.

DUAL CARD KANBAN

Utilizza un kanban di movimentazione ed un kanban di produzione. Esso, generalmente, viene utilizzato nei casi in cui i reparti operativi sono distanti fra loro.

BATCH KANBAN (Lotto di Kanban)

Il Batch Kanban è implementato nei sistemi produttivi quando il lotto di produzione del fornitore è grande rispetto ai consumi del cliente. Il Batch Kanban è strutturato come il Kanban normale con l'unica differenza che il fornitore prima di poter produrre attende l'accumulo di un certo quantitativo di cartellini per quel codice.

Questo tipo di kanban prevede l'utilizzo di tabelloni appositi per l'accumulo dei cartellini Kanban in colonne suddivise per codice. Spesso su questi tabelloni le colonne sono divise in 3 aree che si riempiono in successione:

Zona verde: finché con i Kanban non ho riempito la zona verde e sono entrato in quella gialla non posso produrre quel componente.

Zona gialla: una volta che i Kanban iniziano a riempire la zona il fornitore può mettere in produzione quel codice.

Zona rossa: appena un Kanban viene posizionato in zona rossa il fornitore deve immediatamente mettere in produzione quel componente.



I cartellini rappresentativi dell'avvenuto consumo a valle sono disposti in file verticali dedicate per codice. In tal modo il consumo di ogni singolo codice è immediatamente evidente. Il numero di cartellini è predeterminato ed è funzione del consumo medio nell'unità di tempo (ora/turno/giorno), del lead time necessario a monte per ripristinare il consumo a valle del grado di regolarità del consumo.

La formula da applicare è la seguente:

$$N = \left[\frac{M \times T \times (1+SS)}{Q} \right]$$

Dati necessari per il calcolo del numero dei kanban

M = consumo medio giornaliero dei pezzi (pezzi/tempo)

T = tempo di copertura (tempo)

SS = scorta di sicurezza, espressa in termini percentuali

Q = numero dei pezzi presenti in un contenitore (pezzi/contenitore).

Le colonne della rastrelliera indicano il periodo temporale con il quale è misurato il Lead time (ore, turni, giorni).

Le righe della rastrelliera indicano i vari prodotti.

$$N = \left[\frac{480 \times (30/480) \times (1+0,1)}{5} \right] = 6,6 = 7$$

Un esempio pratico.

Supponiamo che la domanda media è di 480 pezzi/giorno.

Il tempo di copertura è di 30 min.

La scorta di sicurezza di 10%.

I contenitori contengono 5 pezzi di prodotto.

Le quantità di kanban vengono arrotondate per eccesso. Si dovrebbe comunque cercare di ottenere dei numeri pieni, in quanto l'arrotondamento verso l'alto crea una sovrapproduzione, uno dei sette sprechi che vanno evitati.

4.2 Sistema One-Piece-Flow

Il sistema One- Piece- Flow è un modo per organizzare l'avanzamento dei materiali "uno alla volta", con la possibilità di cambiare modello di prodotto ad ogni passaggio, in un flusso continuo.

In questo modo, i singoli pezzi passano da una fase produttiva all'altra senza accumuli tra le macchine, contribuendo alla riduzione della Time Line (il materiale attraversa i reparti nel modo più rapido), all'ottenimento della massima flessibilità, all'abbattimento in misura importante delle scorte intermedie, al recupero di spazio fisico all'interno della linea, grazie all'impiego di macchinari più piccoli, che vengono avvicinati tra loro per la presenza di piccoli lotti.

Purtroppo, non sempre il sistema One-Piece-Flow è possibile. Questo succede ad esempio quando:

- le lavorazioni a monte del processo adottano macchine con tempi ciclo troppo lenti per i livelli produttivi dell'assemblaggio finale, che solitamente lavora su 1 o 2 turni;
- nel processo esiste una lavorazione che ha tempi di set-up inevitabilmente più lunghi rispetto alle altre fasi (es. i semilavorati vengono realizzati con grosse macchine automatiche e assemblate manualmente nella fase finale).

In questi casi, è necessario ripiegare verso soluzioni che più si avvicinano al sistema One-Piece-Flow e che siano caratterizzate quindi da lotti minimi, set-up e spedizioni frequenti, macchine sincronizzate, affidabili e fisicamente vicine.

Il Takt Time è il parametro che lega la produzione al mercato. Il Takt Time è un numero che esprime un tempo: in questo tempo deve essere ottenuta un'unità di prodotto. Si tratta in sostanza del ritmo della produzione.

$$TT = \frac{\text{Tempo tot. disponibile /giorno}}{\text{Richiesta cliente /giorno}} \quad TT = \frac{\text{secondi lavorativi /giorno}}{\text{pezzi richiesti /giorno}} = \text{sec/pezzo}$$

Facciamo un esempio pratico. Supponiamo che la domanda del cliente sia di 306 pezzi al giorno e abbiamo a disposizione 460 minuti lavorativi.

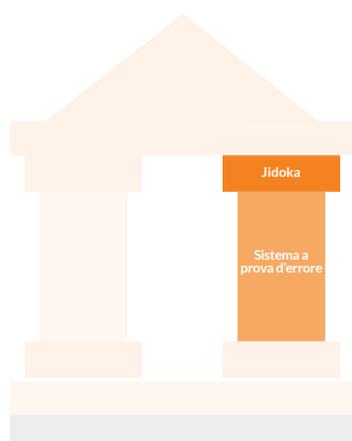
$$TT = \left[\frac{(460 \text{ min/giorno} \times 60 \text{ sec/min})}{(306 \text{ pezzi / giorno})} \right] = 90 \text{ sec/pezzo}$$

Ciò vuol dire che ogni 90 secondi bisogna produrre 1 pezzo per soddisfare la domanda del cliente.

Il Takt Time non va confuso con il Cycle Time (tempo ciclo), che è il tempo lavorativo necessario al completamento del processo. Noto il Takt Time ed il Cycle Time è possibile ottenere il numero degli operatori necessari.

$$N \text{ operatori} = \frac{\text{Cycle Time}}{\text{Takt Time}}$$

5. Jidoka: il secondo pilastro del TPS



Il termine Jidoka può essere definito come “automazione con un tocco umano”. Il punto fondamentale del Jidoka è che la qualità deve essere costruita nel processo affinché l'output sia con qualità al 100%.

Questo obiettivo è il solo accettabile e per essere raggiunto sono necessarie due condizioni:

- l'impianto o la macchina devono fermarsi quando la qualità non è più assicurata.
- l'intervento sulla macchina o sull'impianto non deve in alcun modo alterare la qualità dell'output.

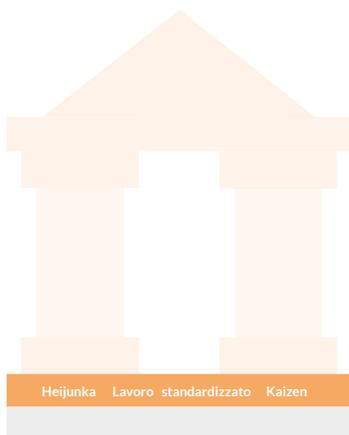
Queste due condizioni sono garantite introducendo nel sistema produttivo grandi dosi di “intelligenza umana” per ottenere macchine “intelligenti”. Con il Jidoka gli impianti e le macchine vengono dotati di dispositivi idonei di fermata, quando si è in condizioni di non-qualità.

La fermata in mancanza di qualità si applica anche alle linee di montaggio manuale. Ogni pezzo è controllato dall'operatore stesso subito dopo la realizzazione, spesso attraverso dispositivi che rendono il processo a prova di errore (Poka Yoke) ed in caso di rilevata non conformità, l'operatore è autorizzato a sospendere la produzione.

Quando le due condizioni, citate nei punti sopra esposti, sono realizzate, si raggiunge l'obiettivo del Jidoka: eliminare il legame rigido tra uomo e macchina. La macchina non ha più bisogno dell'osservazione continua dell'uomo e quindi l'uomo può dedicarsi ad attività a valore aggiunto. Lo sblocco di questo legame è uno dei grandi contributi del nuovo sistema produttivo, che riduce o annulla in gran parte i Muda dovuti alle attese degli operatori.



Devo ricordarmi di approfondire! Poka Yoke a pag. 20.



I fondamenti del TPS sono rappresentati dal: Heijunka: ovvero livellamento. Per far sì che la produzione eviti gli sprechi, sia efficiente e recepisca velocemente le richieste di mercato, è di fondamentale importanza riuscire non solo a programmare ma a rendere equilibrata la produzione. Il metodo Kanban e l'indicatore OEE sono alcuni degli strumenti che accorrono in aiuto per il livellamento della domanda.

Standardized Work (lavoro standardizzato), ovvero quell'insieme di procedure operative elaborate da tutto il personale aziendale e che coinvolgono macchine e materiali volte a massimizzare la qualità e l'efficienza dei processi, assicurando al contempo un elevato grado di prevedibilità e sicurezza del lavoro.

Kaizen: ovvero cambiamento verso il meglio, miglioramento continuo. Ogni giorno è una ricerca della perfezione che non deve aver mai fine. Applicare il Kaizen non richiede grandi investimenti ma richiede l'ottimizzazione delle risorse disponibili impiegate per eliminare le inefficienze. Fa leva su specifiche tecniche di Problem Solving.



6.1 Heijunka

Heijunka è il livellamento di produzione che equilibra il carico di lavoro all'interno della cella produttiva minimizzando, inoltre, le fluttuazioni di fornitura.

	7.00	7.15	7.30	7.45	8.00	8.15	8.30	8.45
Tipo A	■	■	■	■	■	■	■	■
Tipo B	■	■	■	■	■	■	■	■
Tipo C	■			■				■
Tipo D		■	■		■	■		

Per poter dimensionare correttamente l'Heijunka Box è necessario conoscere il takt time, che sappiamo essere il tempo massimo entro il quale bisogna produrre un prodotto o effettuare un servizio per poter soddisfare la domanda del cliente. Noto il takt time per una linea di prodotti bisogna quindi definire un programma di produzione. Fornire al reparto produttivo tutti i kanban produttivi allo stesso momento, non aiuta certamente a programmare la produzione e non ci sarebbe nessuna immagine di takt time nel reparto. Quindi questo tipo di lottizzazione dovrebbe essere evitato. Cosa si può fare quindi? Si può andare a calcolare il cosiddetto pitch (passo) produttivo. Cosa è pitch? Conoscendo la quantità del prodotto che va in un imballo oppure il quantitativo che viene definito su un cartellino kanban (ad esempio 10 pezzi per confezione oppure 10 pezzi per ogni cartellino kanban) e il takt time (ad esempio 90 sec/pezzo), il pitch si calcola come prodotto di queste due quantità.

$$\text{PITCH} = \text{Pezzi per confezione (o pezzi per ogni Kanban)} \times \text{TT}$$

$$\text{PITCH} = (10 \text{ pz} \times 90 \text{ sec/pz}) = 900 \text{ sec} \text{ o } 15 \text{ min.}$$

In pratica, il pitch ci dice che ogni 15 minuti ci sarà un rilascio di un cartellino kanban (istruzione di lavoro) e ritirato il materiale prodotto nel periodo precedente. Noto il pitch e il suo significato, è abbastanza immediato e facile costruire l' Heijunka Box.

Nel nostro caso quindi l'Heijunka Box sarà costruito (per un turno di 8 ore) di 32 colonne corrispondenti agli incrementi del pitch nelle 8 ore lavorative. Se il pitch dovesse risultare troppo corto (ad esempio 5 minuti, che porterebbe ad avere 96 possibili posizioni per il pitch), di solito si agisce per il multiplo di pitch (ad esempio in ogni posizione possono essere posizionati 3-4 cartellini kanban che devono essere fatti in quel periodo incrementale). Di solito si scende raramente sotto i 10-12 minuti per ogni colonna (5-6 caselle per ogni ora produttiva). Ogni 15 minuti, la persona che gestisce i materiali porta alla produzione il kanban successivo che sta nella apposita posizione e ritira il kanban precedente insieme ai prodotti fatti nella fase finale della produzione. Se non è finito tutto il prodotto richiesto nel periodo precedente, si capisce subito che c'è stato qualche problema produttivo che bisogna andare a investigare e scoprirne le cause all'origine.

Si tratta quindi anche di un magnifico controllo visuale della produzione, in quanto quando un capo reparto va a controllare in tempo reale se tutto è a posto, va a controllare l'ora e la situazione sull'Heijunka Box e se non ci sono problemi, tutte le caselle prima di quell'ora dovrebbero essere vuote, invece se ci sono problemi ci saranno alcune caselle ancora piene a significare che si è in ritardo rispetto alla produzione programmata. E questo gli può servire come input per andare a vedere che problemi ci sono ed eventualmente dare delle disposizioni per gli straordinari, per aiuto, per risolvere i problemi e recuperare rispetto al programma. Anziché avere un programma produttivo dato ad ogni reparto che lo gestisce per sé, come succede nella gran parte delle aziende tradizionali, nelle aziende lean, attraverso l'utilizzo dell'Heijunka Box e dei cartellini kanban, si realizza un sistema di trazione dall'ultima postazione lavorativa fino all'inizio del processo.

$$N = \left[\frac{480 \times (30/480) \times (1+0,1)}{5} \right] = 6,6 = 7$$

Un esempio pratico.
 Supponiamo che la domanda media è di 480 pezzi/giorno.
 Il tempo di copertura è di 30 min.
 La scorta di sicurezza di 10%.
 I contenitori contengono 5 pezzi di prodotto.

Le quantità di kanban vengono arrotondate per eccesso. Si dovrebbe comunque cercare di ottenere dei numeri pieni, in quanto l'arrotondamento verso l'alto crea una sovrapproduzione, uno dei sette sprechi che vanno evitati.

6.2 Standardized Work

Standard vuol regola. Lo standard interessa tutte le funzioni aziendali (produttive, di supporto alla produzione, amministrative, ecc.) e rappresenta la base della stabilità e quindi del miglioramento.

Il lavoro organizzato secondo una sequenza efficiente di produzione è chiamato lavoro standardizzato, da non confondere con l'utilizzo di standard durante l'attività lavorativa.

Il lavoro standardizzato consiste nell'applicazione di tre concetti:

- Takt Time
- Working Sequence
- Standard In-Process Stock.

Il Takt Time, come già descritto, è il tempo che deve essere utilizzato per produrre un pezzo. Questo meccanismo di scansione del tempo è basato sulla schedulazione mensile della produzione. Working Sequence si riferisce alla definizione di sequenze di operazioni univoche per uno stesso processo, che porta un operaio a produrre beni di qualità in modo efficiente, riducendo le scorte e i rischi di infortunio o malattia.

Standard In-Process Stock è la quantità minima di componenti che deve essere sempre a portata di mano per la produzione. Essa consente al lavoratore di fare il suo lavoro in modo continuo, eseguendo una stessa sequenza di operazioni ogni volta nello stesso ordine.

Alla base del TPS c'è la filosofia Kaizen.

Il termine giapponese Kaizen è l'unione di due parole: KAI che significa cambiamento, e ZEN che significa meglio: da qua il significato di miglioramento continuo. Si tratta di un concetto fondamentale nella cultura giapponese, e che quindi ritroviamo anche nel TPS. Lavorare secondo la filosofia Kaizen significa ricercare sempre il miglioramento continuo, partendo dal presupposto che ogni cosa che facciamo possa essere migliorata. Anche quando pensiamo di aver raggiunto la perfezione, in realtà non è così in quanto tutto può e deve essere migliorato; quella perfezione raggiunta non diventa altro che uno standard, che si può migliorare. Tutti i concetti che troviamo nella filosofia Kaizen, vengono poi ovviamente ripresi nel sistema della Lean Production.

Un altro concetto fondamentale del Kaizen è quello che l'energia viene dal basso: analizzando la Lean Production vediamo che le decisioni o i suggerimenti devono venire dal basso e non devono essere imposti dall'alto come invece capita in modelli diversi di produzione. Questo è anche il motivo per cui per applicare la Lean Production sia necessario il coinvolgimento di tutti i livelli della gerarchia, anche quelli più bassi.

Inoltre il Kaizen, come la Lean Production, si basa su piccoli cambiamenti, ma continui; questi cambiamenti inoltre dovrebbero anche essere poco costosi. E' ovvio come questo miglioramento continuo sia spinto da un'insoddisfazione di fondo, ossia la necessità di cambiare una determinata situazione o comunque di migliorarla.

7.1 Visual Management

La metodologia del Visual Management, intesa come gestione a vista applicata ai processi, permette di visualizzare mediante semplici strumenti gli stati di avanzamento dei processi aziendali, rendendoli visibili agli attori stessi di processo.

Obiettivo fondamentale è dunque quello di rendere istantaneamente fruibili tutte le informazioni legate allo stato di avanzamento del processo, mettendo in particolare in luce le possibili criticità che si generano, potendole dunque attaccare in tempo reale. Le metodologie legate al Visual Management, che possono essere utilizzate non solo in fase di svolgimento del processo, ma anche in fase di analisi dello stesso, riducono notevolmente gli interventi di allineamento intermedio, dato che permettono il costante aggiornamento di stato con conseguente definizione delle attività di miglioramento da introdurre, nell'ottica di riduzione degli sprechi. Gli strumenti essenziali del Visual Management possono essere ricondotti a tre principali categorie, in base a funzione e tipologia.

Visualizzatori



In questa categoria rientrano tutti i grafici e gli schemi funzionali al migliore svolgimento del lavoro pratico. Si tratta di strumenti visivi sempre a portata del lavoratore, che gli forniscono immediate indicazioni su come svolgere determinate mansioni.

Controlli visivi



I controlli visivi permettono di capire quando e come svolgere una determinata azione: possono essere usati per garantire la sicurezza dei dipendenti e rendere il flusso più organico. Nel reparto produttivo, questi indicatori sono estremamente utili, e possono essere rappresentati per esempio da semplici semafori, dove il verde indica il momento di compiere un'azione oppure un'operazione in svolgimento, mentre il rosso indica una sospensione. All'interno di questa categoria rientrano anche i cartelli Kanban, che forniscono informazioni precise e dettagliate circa i passaggi precedenti del flusso di produzione.

Indicatori visivi di processo



Anche gli indicatori visivi di processo sono strumenti diffusi e noti per la loro efficacia. Possono essere, in realtà, stratagemmi molto semplici, come la segnalazione di determinati percorsi tramite strisce adesive colorate sui pavimenti, oppure di aree destinate allo stoccaggio di specifici materiali o delle scorte. In questa categoria rientrano, più in generale, tutte le segnalazioni che facilitano lo svolgimento del lavoro tramite indicazioni precise di aree e processi, guidando in modo rapido e intuitivo il corretto flusso dei materiali o delle informazioni.

SKILL MATRIX		Data revisione: 31.05.22	
		Simbolo	Livello
			Non in grado di eseguire l'attività
			Ha familiarità con le attività da eseguire
			E' in grado di eseguire le attività ma con supporto
			E' in grado di eseguire le attività in autonomia
			E' in grado di formare altri operatori

Operatore	Attività							
	Taglio	Piegatura	Rivettatura	Saldatura	Assemblaggio	Collaudo	Imballo	
M.Rossi								
S.Castagna								
L.Pelloni								

La matrice della abilità è una tecnica visuale di management. Consiste in una tabella dove i nomi degli operatori sono scritti sull'asse verticale, mentre le abilità richieste sono scritte lungo l'asse orizzontale. Proseguendo l'iter di formazione degli operatori, vengono aggiunti, via via, dei marcatori, all'incrocio della riga con il nome e le righe verticali delle abilità acquisite.

Per identificare i vari gradi di conoscenza si possono usare: marcatori di colore diverso ad esempio azzurro per gli operatori junior, blu per i competenti e nero per i senior, quelli in grado di formare le risorse junior. Simboli diversi per i diversi livelli di conoscenza.

Una matrice delle abilità può servire, sia come strumento di management, ad esempio per allocare velocemente delle risorse formate su nuove postazioni, sia come stimolatore per motivare il personale ad aumentare il loro livello di abilità.

7.3 5S

5S è una semplice procedura per la gestione dell'ordine e pulizia delle postazioni di lavoro ed è il punto di partenza che permette il miglioramento delle attività produttive e lo sviluppo futuro.

Le 5S si riferiscono a cinque termini giapponesi che rappresentano le fasi principali della metodologia:



Il primo step riguarda la rimozione dalla postazione di lavoro di tutto ciò che non serve al processo produttivo. Così facendo si riesce a ridurre l'insorgere di interferenze nel processo produttivo, aumentare la qualità dei prodotti e la produttività. Questo primo punto si basa sulla strategia del cartellino rosso «red-tag», grazie al quale vengono identificati gli oggetti potenzialmente non necessari.

Il sistema del cartellino rosso si articola in 7 fasi:



1. Lancio del sistema «red-tag» in un'area produttiva o in tutta l'azienda.
2. Identificazione degli oggetti e valutazione delle aree di lavoro.
3. Definizione dei criteri di valutazione (possibile utilizzo dell'oggetto nel corso della produzione in atto, frequenza di utilizzo dell'oggetto, quantità di oggetti necessari per svolgere il lavoro).
4. Produzione dei cartellini rossi.
5. Fissaggio dei cartellini rossi agli oggetti.
6. Valutazione degli oggetti secondo i criteri prestabiliti.
7. Analisi dei risultati ottenuti.

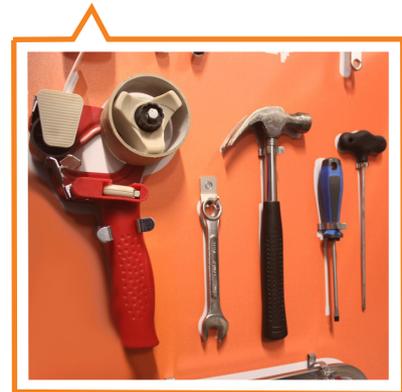
SEITON - sistemare / organizzare

Il secondo step riguarda la disposizione degli oggetti/attrezzi in modo tale che siano facili da identificare, utilizzare e riporre. Così facendo si riescono ad eliminare numerosi sprechi di tempo nello svolgimento delle attività produttive, incrementando l'economia di movimento. Tutto deve essere a vista, facilmente raggiungibile e deve valere il principio «ogni cosa a suo posto, un posto per ogni cosa».

Delimitando gli spazi: aree destinate ad ogni funzione



Identificando i sistemi di collocazione: contenitori, shadow boards



Si dispongono gli oggetti per una facile ed immediata reperibilità.

SEISO - ordine/pulizia

Il terzo step riguarda il tenere pulito il posto di lavoro e controllare l'ordine e la pulizia creata. Così facendo si riescono a ridurre i rischi per la salute, le rotture degli oggetti/attrezzi e il numero di pezzi difettosi. Due strumenti utilizzati per implementare questo terzo punto sono: La scheda delle 5S, che indica per area e per giorno i responsabili della pulizia. I "5 minuti" che hanno lo scopo di fare capire a tutti che la pulizia deve essere una pratica quotidiana e non una perdita di tempo.

SEIKETSU - standardizzare

Il quarto step riguarda la definizione delle attività che servono a mantenere nel tempo i 3 processi precedenti.

Tre sono le fasi principali della standardizzazione:

- Definizione dei responsabili operativi dei processi
- Integrazione dei processi nelle normali attività di lavoro
- Controllo e mantenimento dei processi.

SHITSUKE - sostenere nel tempo

Il quinto step riguarda il mantenimento nel tempo dello stato raggiunto.

Lo SMED-Single-Minute Exchange of Die (Cambio di uno stampo in un solo minuto) - è di fatto una tecnica, derivante dal pensiero Lean, per la riduzione dei tempi di setup/attrezzaggio. Questa tecnica risulta di grande utilità quando si ha una produzione poco flessibile, ovvero incapace di rispondere alle esigenze dei clienti, lotti di grandi dimensioni; un valore ed ingombro del magazzino molto elevato, carenza di capacità e di spazio.

Spesso in azienda le macchine utensili lavorano molto velocemente, ma non altrettanto velocemente avvengono le operazioni di attrezzaggio. Per ovviare a questa inefficienza si cerca di effettuare pochi setup, generando però lotti molto grandi e magazzini pieni.

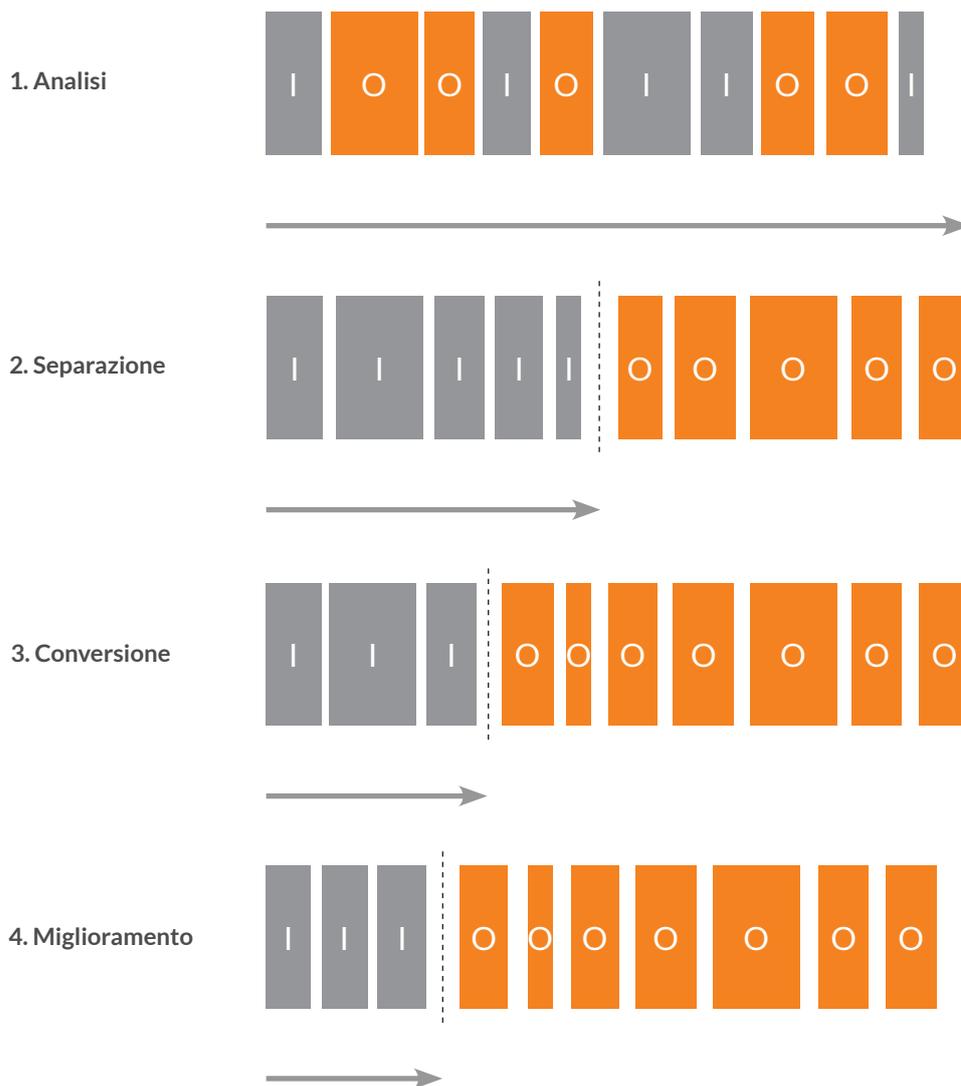
La metodologia SMED si realizza sostanzialmente in 4 fasi operative:

Fase 1: Analisi dell'attuale processo di cambio produzione identificando le attività che si possono effettuare a macchina ferma IED (Inside Exchange of Die) e le attività OED (Outside Exchange of Die), ovvero quelle attività che si possono effettuare mentre la macchina lavora.

Fase 2: Separazione delle attività IED e di OED.

Fase 3: Studio delle modifiche necessarie da apportare al processo per poter convertire nel modo più efficace possibile le attività "interne" in attività "esterne".

Fase 4: Riduzione e ottimizzazione delle attività esterne - riduzione sprechi (sforzo, movimenti, distanze); determinare le postazioni ottimali per gli utensili e strumenti necessari; stabilire checklist o procedure semplici per verificare l'operazione.



Termine giapponese che identifica uno strumento o una procedura a prova d'errore, che previene la creazione di difetti nel processo di gestione ordini o in quello produttivo.

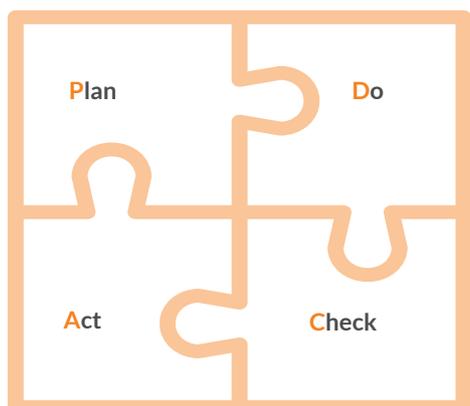
Si possono distinguere tre tipi di Poka Yoke:

- Il metodo del contatto (contact method): le caratteristiche fisiche di un oggetto (la sua forma, il suo colore, ...) permettono di distinguere la posizione corretta o impediscono di connettere tra loro degli oggetti evitando i malfunzionamenti causati da un errato contatto.
- Il metodo del valore fisso (fixed-value method) controlla se è stato compiuto un certo numero di operazioni.
- Il metodo delle fasi di lavoro (motion-step method) controlla se sono stati eseguite, nel loro ordine corretto, tutte le fasi di un determinato processo.

7.6 Problem Solving

Con il termine Problem Solving si intende in generale un atteggiamento rivolto a trovare una soluzione. Nell'ambito della Lean Production sono state messe a punto diverse tecniche di Problem Solving, tutte volte a migliorare la capacità di prendere decisioni rapide ed efficaci nell'ottica del miglioramento continuo.

Il metodo PDCA



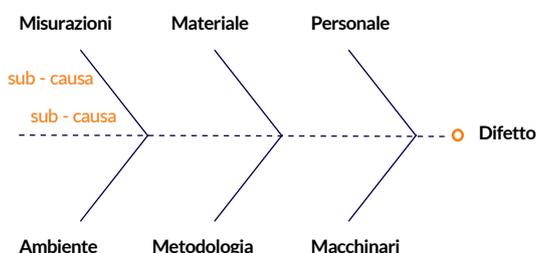
Il termine PDCA è in realtà un acronimo in cui le lettere hanno il seguente significato:

- **Plan**: Pianificazione
- **Do**: Applicazione in via sperimentale di quanto pianificato
- **Check**: Controllo dei risultati e verifica della compatibilità con quanto pianificato
- **Act**: Implementazione delle soluzioni che hanno superato le verifiche.

Il ciclo PDCA può essere impiegato quando:

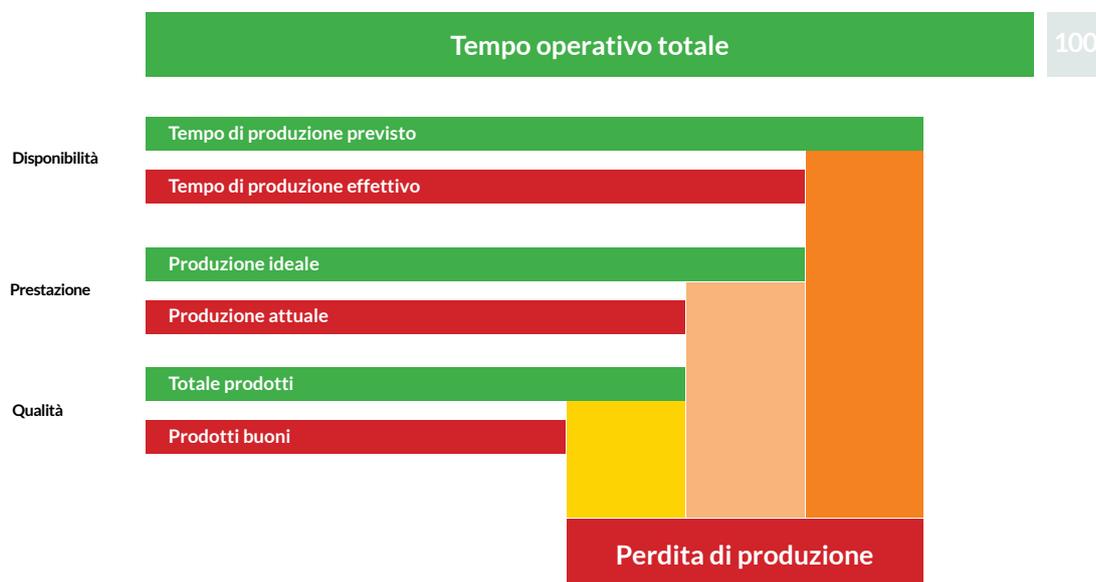
- è necessario apportare dei miglioramenti ad un processo;
- si sta definendo e progettando un nuovo processo;
- quando si implementano dei cambiamenti ad un processo già esistente o un progetto;
- quando si definisce un nuovo servizio o prodotto.

Fishbone Diagram



Innanzitutto viene descritto brevemente l'effetto negativo, il problema o il difetto in analisi. Si procede poi all'identificazione delle categorie in cui si ipotizza possano risiedere le principali cause. Queste vengono poi collegate attraverso linee oblique alla linea principale che collega il problema, come riportato in figura (le categorie riportate in figura sono quelle maggiormente utilizzate in ambito manifatturiero industriale). Per ognuna di quelle categorie si passa quindi ad un'identificazione puntuale della cause sottostanti. Altri metodi di Problem Solving sono ad esempio il metodo A3 e il metodo dei 5 Perché.

L'OEE – Overall Equipment Effectiveness (Efficienza generale dell'impianto) - è un indicatore percentuale del rendimento globale di una risorsa produttiva, sia essa umana o tecnica.



L'analisi dell'OEE parte con il Tempo Operativo Totale. Questo valore di tempo indica la quantità di tempo a disposizione per produrre dell'impianto o macchina. Di solito si esprime in turni di lavoro. Dal Tempo Operativo Totale occorre sottrarre tutti i tempi in cui il sistema non produrrà per cause note e pianificate, come ad esempio le pause, il pranzo, la manutenzione programmata, le ferie: il tempo rimanente è il Tempo Pianificato di produzione. L'OEE quindi inizia dal Tempo Pianificato di Produzione con il quale le macchine dovranno produrre, per monitorare quindi – all'interno di questo tempo – quali sono le perdite di produzione per fermi imprevisti, bassa velocità di produzione o scarti, con l'obiettivo di individuare e rimuovere le cause di inefficienza.

Per misurare l'efficienza produttiva tramite l'OEE, bisogna utilizzare tre indici chiave di efficienza:

- **Disponibilità:** questo indicatore identifica le perdite che derivano dai fermi di produzione non pianificati delle macchine, misurati come intervalli di tempo durante i quali la produzione prevista viene per qualche motivo fermata. La disponibilità viene determinata dividendo il tempo di produzione effettivo per il tempo di produzione previsto. A questo dato è importante associare le "cause di fermo" o downtime.

- **Prestazione:** questo indicatore misura le perdite di velocità, misurando la quantità dei pezzi prodotti effettivamente e rilevando le perdite di produzione dovute ai rallentamenti dei cicli produttivi. Vi sono infatti diversi fattori che riducono la velocità effettiva di produzione rispetto alla capacità nominale delle macchine. Ad esempio, le performance si riducono per difetti dei materiali o delle materie prime, per usura, mancanza o riduzione di alimentazione, difetti del costruttore di macchina o inefficienza dell'operatore. Le inefficienze rallentano la produzione, causando una produzione inferiore rispetto alle performances di produzione previste. Dividendo l'indice quantitativo di produzione attuale per quello di produzione ideale si ottiene il fattore Performance.

- **Qualità:** questo indicatore misura le perdite di produzione dovute agli scarti, ovvero a tutti quei prodotti che non rispondono ai requisiti minimi di qualità richiesti, inclusi quelli che devono essere nuovamente lavorati. L'indice di qualità viene calcolato dividendo il numero di prodotti considerati "buoni" per il numero totale di prodotti di cui è iniziata la lavorazione.

L'OEE viene calcolato moltiplicando il valore di ciascuno di questi tre fattori (Disponibilità x Prestazioni x Qualità).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità}$$



Lean



TABLE OF CONTENTS

1. The Five Principles of Lean Thinking	24
1.1 The first principle: Value	24
1.2 The second principle: Map.....	24
1.3 The third principle: Flow.....	24
1.4 The fourth principle: Pull.....	24
1.5 The fifth principle: Perfection.....	24
2. The Toyota Production System (TPS)	26
3. The Seven Forms of Waste (MUDA)	27
4. Just-in-Time: the first pillar of TPS	29
4.1 Pull System.....	29
4.1.1 Kanban	29
4.2 One-Piece-Flow System	32
4.3 Takt-Time	33
5. Jidoka: the second pillar of TPS	33
6. The founding principles of TPS	34
6.1 Heijunka	34
6.2 Standardized Work.....	35
6.3 Kaizen.....	36
7. Additional Insights	37
7.1 Visual Management.....	37
7.2 Skill Matrix	38
7.3 5S.....	38
7.4 SMED.....	40
7.5 Poka-Yoke	41
7.6 Problem Solving	41
7.7 OEE.....	42

Lean Thinking is a management style focussed on simplifying work and running down and eliminating waste (in Japanese “Muda”). Such forms of wastes consist of all tasks performed during production that absorb resources without creating value: procedures that are not needed, handling of material and moving personnel from one place to another for no reason, inaccuracies at production stages that require reprocessing, groups of people on the assembly line effectively blocked while waiting for the completion of a previous stage and production of goods and services that do not meet customer needs. There are five key principles that must be accepted by a company for adopting and implementing the Lean Production methodology.

1.1 The first principle: VALUE



The starting point for Lean Production is the concept of Value that must be rethought from the customer’s point of view. Only a small fraction of the actions and total time taken to produce a specific product actually add value for the end customer. It is of fundamental importance to define the value of the product from the customer’s perspective, so that it is possible to proceed with the step-by-step elimination of all non-value or MUDA activities (waste).

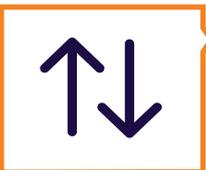
1.2 The second principle: MAP



Once value means for the customer has been defined, focus needs to be placed on analysing the activities that create it. The analysis involves all activities ranging from design, order management to product production, identifying and mapping:

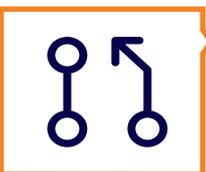
- Tasks that create value perceived as such by the customer.
- Tasks that do not create value but are essential given current production and management systems. These tasks cannot be eliminated immediately.
- Tasks that do not create value and can be eliminated immediately.

1.3 The third principle: FLOW



After defining value and after the value stream has been fully mapped and any type of waste has been eliminated, we can focus on the tasks that create value. The goal is to ensure that these value-creating activities flow constantly and continuously. To do this, it is necessary to review how work is organised, and the type of equipment that needs to be deployed to facilitate production to prevent backward flows, rejects and downtimes, together with the type of structure that needs to be created to facilitate the flow and the type of professional figures that need to be sourced.

1.4 The fourth principle: PULL

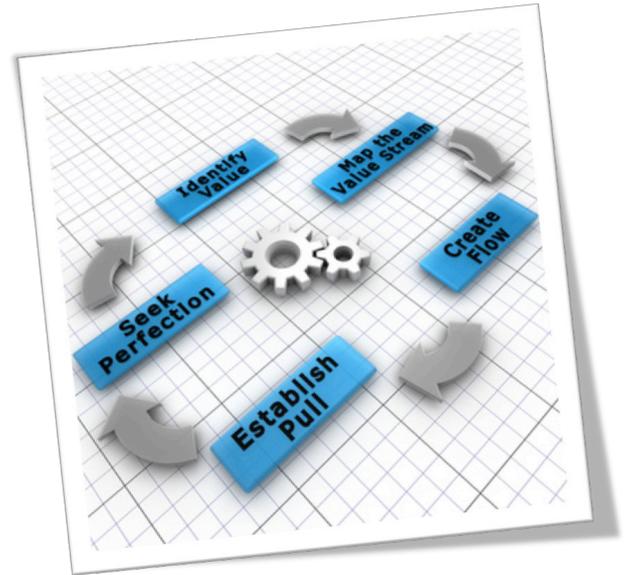


The term Pull means that goods are not produced upstream until the downstream customer requests them. This makes it possible to prevent increasing the level of stocks by the goods manufacturer, its suppliers and so on, down to the companies producing the raw materials. Another immediate benefit of Pull management is the stabilisation of final demand. This is because it is the customer that orders what they want and not the manufacturer that, to eliminate stocks due to typical overproduction of batches, adopts discount campaigns and promotions to force demand towards a particular type of product.

1.5 The fifth principle: PERFECTION



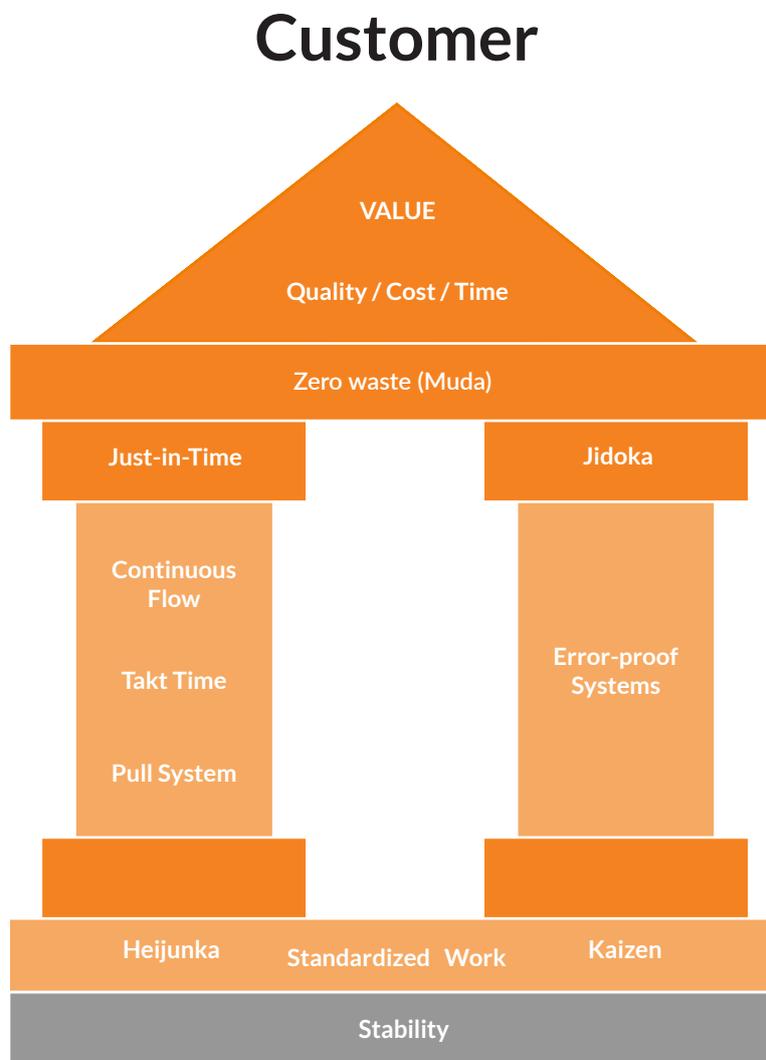
Once value has been accurately defined, value flow has been identified, the various steps are flowing continuously and the customer is “pulling” the value of the business, it is necessary to pursue perfection through continuous improvements (Kaizen).



The Lean philosophy has its roots in the “Toyota Production System”, which came about in Japan between the 50s and 60s because of the thinking adopted by certain Toyota managers, including Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, and, specifically, a young engineer, Taiichi Ohno. The Toyota Production System is a method for organising production based on a different philosophy and, in some respects, an alternative to mass production, i.e., mass production and often large-scale production based on Henry Ford’s assembly line. The foundation of the TPS is the notion of “doing more with less”, i.e., using the (few) resources available in the most productive way possible with the aim of drastically increasing factory productivity.

The Toyota Production System is often illustrated using a picture that represents a house that is built on two pillars: Just-in-time and the Jidoka. The goal of this production system, shown on the roof of the house, is to achieve the best quality at the lowest price in the shortest possible time. This system uses a series of tools, set out below, which all follow the common thread of running down and eliminating waste (Muda).

To pursue the elimination of Muda, all aspects of the production process are reviewed, with an approach based on continuous improvement, implemented in small steps, called Kaizen. The extraordinary results obtained using this new production philosophy have led to the affirmation of the TPS, also renamed Lean Production to highlight the elimination aspect of anything that is superfluous weighing the system down, generating costs instead of value.



Zero waste (Muda)

The hunt for waste is the first of the principles creating the tools to be applied for the creation of a lean organisation.

Waste consists of all tasks or ways of using resources that do not provide the product with added value. Therefore, anything that does not serve to increase the value of the product, as perceived by the customer and for which the customer is willing to pay, is considered waste and, as such, must be eliminated.

Waste is also classified into seven types, the most severe of which is overproduction, as it is the source of other types of waste, specifically stocks, defects and shipping.



Overproduction

This consists in producing a quantity of components or finished goods that exceed demand. Overproduction is the most perilous form of waste since it involves the use of corporate resources and the use of internal warehouses for storing products pending their sale.



Waiting

This is the most easily identifiable form of waste. It occurs whenever an operator is unable to work because he is waiting for material (from the supplier or the warehouse) or for production resources.



Transportation

Every time a product is handled, it risks being damaged or lost, etc. but this is not the full story. Since transportation does not involve any conversion of the product that the customer is willing to pay for, it is a non-value-added activity. Transportation often turns into a form of waste because:

- The layout of the factory is obsolete or has been designed incorrectly.
- Space occupied by the production lines is excessive compared to actual needs.
- Materials are procured and stored in packing that contains excessive quantities of materials that are not consistent with those actually used.
- Work is organised without precise picking sequences and equipment is not designed to optimise in-factory handling.



Overprocessing

This form of waste occurs when the production process fails to have adequate resources (equipment, machinery, operators) and procedures. In the specific case of equipment and machinery, waste is created when, for example, equipment or machinery with a production output greater than the demand is used, or whenever an operator is needed to remove the finished pieces from the machine and stack them in special containers, instead of, for example, using a spillage system that, by exploiting gravity, automatically stacks the pieces in a specific container.



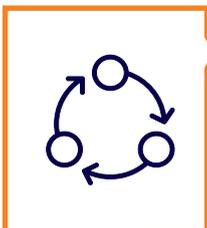
Inventory

Production of materials exceeding actual needs, wherever they may be, on production lines, in warehouses, on order at suppliers, are considered a waste of both space and financial resources. In fact, the term inventory identifies anything that is stocked waiting for an event (subsequent processing, sale) and therefore it is time during which no value is added to the product. In addition, continuous handling of spare material from one place to another can create problems linked to handling damage. In addition, stocked material can deteriorate in quality or become obsolete.



Motion

Useful work is a special type of motion that produces value. Unproductive motion means and involves unnecessary motions due to poorly designed layouts or oversized structures and unproductive actions attributable to workplaces that have not been designed ergonomically.



Defects

Every time an operation is performed that produces a defective part; the defect needs to be corrected. A non-compliant product means significant financial expense and it will have adverse effects on image for the business. Defects slow down production and increase lead times. Then, whenever defects are detected by the customer, costs increase further, since it is necessary to set up a structure for handling complaints, incurring the costs deriving from repairs, disassembly, reassembly and delivery.

The main causes of the 7 forms of waste can be identified in poorly organised layout, long lead times, inadequate production processes, inadequate maintenance, poor work procedures (see Visual Management technique), lack of staff training (see Skills Matrix tool, described in the following pages), poor supervisory capacity, incorrect product or production process design, lack of KPIs, inefficient production planning and scheduling, inadequate equipment, lack of work space organisation (see 5S methodology, illustrated in the following pages) and supplier quality.

MUDA	LEAN METHOD		
	JIT	JIDOKA	WO
Overproduction	***	*	
Waiting	***		
Transportation	***		
Over-processing	*		***
Inventory	***	*	
Motion	*		***
Defects	*	***	*

Waste may be eliminated through the main methods represented by the pillars of the so-called «House of Lean»

Remember to find out more!
Visual Management a pag. 37.

Remember to find out more!
Skill Matrix a pag.38
5S a pag.38.

It should be reminded that Muda forms are just one of the three negative factors that Lean combats in processes, also known as the three “MU”:



- **Muda**: waste, loss.



- **Muri**: is the term indicating the overburden of people or resources. People overburden may, in the long term, lead to occupational accidents or illnesses due to excessive conditions under which workers are forced to work. In the short term, however, the consequences of overburden may manifest themselves as muscle tears and bruising or similar injuries. The result is sick leave taken for varying periods and generalised workforce discontent. Similarly, overexploitation of machinery may lead, in the long term, to accelerated wear and tear, breakages with consequent production downtimes for maintenance and repair or, the need may even arise requiring machinery to be replaced.

Thinking in the long term, the small benefit that may be gained in the short term by overburdening the workforce and resources turns into a waste of time and money. The goal is therefore to organise work properly, while also adopting any small measures that help reduce the workload without decreasing productivity.



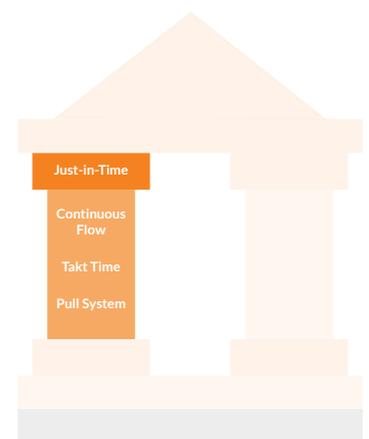
- **Mura**: indicates unevenness, non-uniformity, and irregularity in the workload (of demand). Such fluctuations lead to phases where there is an overburden of work (Muri) and other phases where the workforce and machinery are overscaled (downtimes are created – Muda). This results in production flow being hampered.

4. Just-in-Time: The first pillar of TPS

Just-In-Time (JIT) is a logistics-production method aimed at eliminating stocks and inventory of material at the factory. This is based on the concept of producing only when needed when the customer's demand position is downstream, following the process flow. This way of organising the launch of production, together with the adoption of smaller and smaller batches enabled by introducing rapid set-up techniques (SMED - Single-Minute Exchange of Die) eliminates or drastically reduces holding material waiting to be processed, thus reducing total throughput time that switches from days to hours.

JIT consists of three items:

- Pull System
- One-Piece-Flow System
- Takt Time.



4.1 Pull System

Pull production is opposed to traditional systems (Push), based on production scheduled at an earlier stage and therefore, inevitably failing to address actual demand. With the Pull system, on the other hand, the customers guide progress of the production flow: upstream no goods are produced until the downstream customer, both internal and external, has requested them.



**Remember to
find out more!**
SMED a pag. 40.

4.1.1 Kanban



The tool used to govern this system is the KANBAN (which means signboard), a visual system - a card, a sign, an area, etc. - which transmits a series of instructions communicating information on the materials to be supplied or the components to be produced. A typical example of Kanban is a card that accompanies a container or pallet which shows:

- An identification number
- A component number
- A component description
- Where it has come from (supplier)
- Where it is going (customer).



There are 2 types of Kanban cards:

- ① **Transport/Picking Kanban Card**: is used for moving components or materials towards a production process.
- ② **Production Kanban Card**: represents actual production orders under which the upstream process is authorised to produce a certain component for a downstream process.

The **transportation Kanban** authorises moving a component between two specified production centres. It shows the types and quantities of components that the subsequent process must pick from the previous process, and it is used to trace use at the various stages of processing-operations.

N. posizione nel magazzino: 5E215 Codice del pezzo			fase che realizza il pezzo e posizione presso cui ritirato	
N. disegno del pezzo: 35670507			Operazione a monte	
Denominazione del pezzo: PIGNONE CONDUTTORE			FORGIATURA B - 2	
Veicolo tipo: S x 50 BC			Operazione a valle	
Capacità del contenitore	Contenitore tipo	Numero di emissione	LAVORAZIONE MECCANICA M - 6	
20	B	4/8		

The card circulates between the external storage point or outbound point from the resupply centre (where the part is manufactured) and the inbound storage point of the user production centre. The card is always associated with a standard bin of parts when it is moved to the production centre that uses them.

Transport card information includes:

- The component code number
- Container capacity
- Card number
- Supplier production centre number
- Outbound storage point number for said production centre
- User production centre number
- Inbound storage point number for said production centre
- The type and quantity of product that the downstream stage needs to pick from the upstream stage.

When a parts container is selected for use from the inbound storage point, the transport card is detached and placed in a collection box. It will be taken and distributed at the resupply centre acting as authorisation to take another bin of parts. The transport cards, therefore, circulate only among production centres and each is for a certain component only.

A **production Kanban** authorises the production of a standard container of parts to replace one just taken from an outbound storage point. It shows the exact quantity and type of product to be produced by the previous process (upstream stage). These cards are used only at the production centre and its outbound storage point.

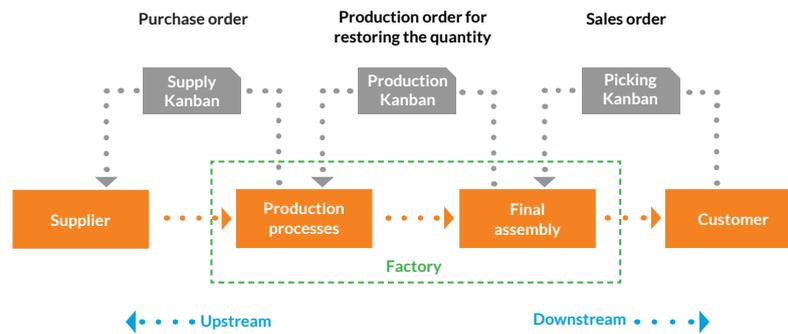
Information on the production card includes:

- The code number of the part to be produced
- Container capacity
- Supplier production centre number.

N. posizione nel magazzino: F 26 - 18 Codice del pezzo			la fase SB - 8 deve procurare l'albero a gomiti per il veicolo SX50BC - 150. Tale pezzo deve essere depositato nella posizione F26 - 18	
N. disegno del pezzo: 56790 - 321			Operazione	
Denominazione del pezzo: ALBERO A GOMITI			LAVORAZIONE MECCANICA SB - 8	
Veicolo tipo: S x 50 BC - 150				

What are the rules of Kanban?

- ① Containers (trolleys, and pallets) must always contain the same number of pieces (preset).
- ② The container parking area (both full and empty) is fixed and predefined (floor markings and labels for shelving).
- ③ A Kanban card always shows the same (preset) number of pieces (base quantity).
- ④ Cards must necessarily be affixed to containers.
- ⑤ A full container may only be moved if it has a card.
- ⑥ A Kanban card shows: the description of the piece - its code - the piece quantity in the container - the total quantity of pieces to be produced (if higher than the base quantity).



Pull production using the Kanban system

Each production centre will have an inbound storage point for material needed and outbound point for said centre's finished goods. Storage of the components uses standard containers that will always have a single card attached, corresponding to one of the following types:

- **Kanban transfer card (KB-T)**: authorises picking of a container from a production centre and its handling and consignment to another centre.

- **Kanban production card (KB-P)**: authorises a production centre to produce components for filling a container.

Full containers at an inbound stocking point at the storage production centre will have a KB-T card, while full containers at the outbound storage point will have a KB-P card.

When a component runs out, the operator will pick up a full container from the inbound storage point, detach the relevant KB-T card, and attach it to the empty container and then send it to the upstream department, to thus authorise the transfer of a container. At the outbound point of the upstream department, the KB-P card is removed from a full container and replaced with the KB-T card, which has been consigned and send downstream. The KB-P card stays in the department and authorises the production of a batch of parts (note that batch sizes correspond to the content of the containers).

Each card needs to show all information necessary for identifying and producing the component and the number of pieces in the container; it is used for a single part and circulates between a well-defined pair of production centres. The flow of cards between departments may also include an external parts supplier.

The system has its logical starting point at the inbound storage point of the final assembly line. Production starts with a request for the finished product and each centre acts as a supplier for the downstream centre and as a customer for the upstream centre

Production progress is the "pulled" type since the Kanban, starting from the scheduling of the finished product, pulls the necessary quantities of sub-products along the processing cycle, dosing exactly the demand according to the final order. Compared to normal scheduling, systems that "push" the materials along the various stages up to the finished product, the Kanban system is leaner and more scalable, preventing excess.

However, the Kanban approach can be broken down into several types, which need to be adopted depending on the usage context.

SINGLE KANBAN CARD

It only uses the transport Kanban. This is generally used in cases where operating departments are close to each other. It is the most used type, and it provides for a certain component and a number of containers with a predefined quantity of pieces, where each container is associated with a Kanban for retrieval. When emptying a container, the Kanban associated with it is used as a retrieval order for the supplier.

DUAL CARD KANBAN

This system uses a transport Kanban and a production Kanban. It is generally used in cases where the operating departments are not close to each other.

KANBAN BATCH (*Lot of Kanban*)

The Kanban Batch is implemented in production systems when the supplier's production batch is large compared to a customer's use. The Kanban Batch is structured like the normal Kanban, the only difference being that the supplier, before starting production, will wait for a certain number of cards to accumulate for that code in question.

This type of Kanban involves the use of special boards for collecting the Kanban cards arranged in columns by code. Often on such boards, the columns are divided into 3 areas which are filled in sequence:

Green zone: until the entire green zone is filled with the Kanban and the yellow zone is entered, component production cannot start.

Yellow zone: once the Kanban start filling the zone, the supplier can put the code in question into production.

Red zone: as soon as a Kanban is placed in the red zone, the supplier must immediately put the component into production.



The cards representing downstream use are arranged in vertical rows for this purpose by code. In this way, use of each individual code is immediately clear. The number of cards is predetermined and is a function of the average usage by unit of time (hour/shift/day) and the lead time necessary upstream to restore the degree of regular use downstream.

Data needed to calculate the number of Kanbans

M = daily average use of pieces (pieces/time)

T = coverage time (time)

SS = safety stock, expressed as a percentage

Q = number of pieces in a container (pieces/container).

The columns of the rack show the timeframe which is used to measure the Lead Time (hours, shifts, days) while the rows of the rack show the various products.

The formula to be used is as follows:

$$N = \left[\frac{M \times T \times (1 + SS)}{Q} \right]$$

$$N = \left[\frac{480 \times (30/480) \times (1 + 0,1)}{5} \right] = 6,6 = 7$$

A practical example.

Let's suppose the average demand is 480 pieces/day.

Coverage time is 30 min.

Safety stock is 10%.

The containers contain 5 product pieces.

The Kanban quantities are rounded upwards. However, positive integers should be used as rounding up creates overproduction, one of the seven forms of waste that should be avoided.

4.2 One-Piece-Flow system

The One-Piece-Flow system is a way to organise advancement of materials "one at a time", with the option of changing the product model at each step, in a continuous flow. In this way, the individual pieces pass from one production stage to the next with no accumulation between the machines, contributing to reducing the Time Line (material travels across departments in the fastest way) thereby obtaining maximum flexibility, significantly reducing intermediate stocks and recovering physical space within the line, thanks to the use of smaller machines, which are positioned closer together due to small batches.

Unfortunately, the One-Piece-Flow system is not always practicable. This happens, for example, when:

- Processing upstream of the process uses machines with cycle times that are too slow for the production levels of the final assembly, which usually works on a 1 or 2 shift module.
- Within the process, there is processing that inevitably has longer set-up times than the other stages (e.g., semi-finished products are made using large automatic machines and manually assembled at the final stage).

In such cases, it is necessary to fall back on solutions that are closest to the One-Piece-Flow system and feature minimum batches, set-up and frequent shipments and synchronised and reliable machinery positioned physically close.

Takt Time is the parameter that links production to the market. Takt Time is a number that expresses a time: in this time, a unit of product must be obtained. It is essentially a notion of the pace of production.

$$TT = \frac{\text{Total time available/Day}}{\text{Customer request/Day}} = \frac{\text{Working seconds/Day}}{\text{Pieces required/Day}} = \text{sec/piece}$$

Let's take a practical example. Suppose the customer's demand is for 306 pieces per day and we have 460 working minutes.

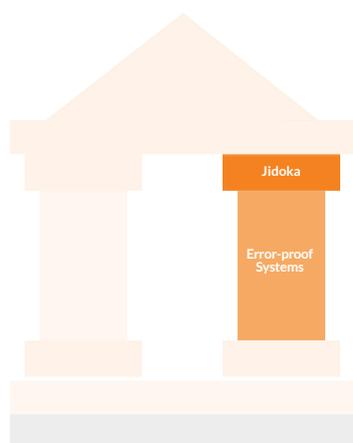
$$TT = \frac{(460 \text{ min/day} \times 60 \text{ sec/min})}{(306 \text{ pieces/day})} = 90 \text{ sec/piece}$$

This means that every 90 seconds, 1 piece needs to be manufactured meet the customer demand.

Takt Time should not be confused with Cycle Time, which is the working time required to complete the process. Once Takt Time and the Cycle Time are known, it is possible to obtain the number of operators required.

$$\text{No. operators} = \frac{\text{Cycle Time}}{\text{Takt Time}}$$

5. Jidoka: The second pillar of TPS



The term Jidoka can be defined as “automation with a human touch”. The key point of Jidoka is that quality must be built into the process for the output to meet 100% quality.

- This goal is the only one acceptable, and two conditions are necessary for achieving it:
- The system or machine must be stopped whenever quality can no longer be assured.
 - Work on the machine or on the system must not alter the quality of output in any way.

These two conditions are guaranteed by introducing large doses of “human intelligence” into the production system to obtain “intelligent” machines. With Jidoka, systems and machines must be equipped with suitable stop devices, whenever non-quality conditions prevail. Stop due to lack of quality also applies to manual assembly lines. The operator checks each piece immediately after construction, often using devices that make the process mistake-proof (Poka Yoke) and whenever non-compliance is detected, the operator is authorised to suspend production.

When these two conditions are satisfied, the goal of Jidoka will have been achieved: eliminating the inflexible link between man and machine. The machine no longer needs to be continuously monitored by the operator, enabling operators to engage in value-added tasks instead. Unlocking this link is one of the great contributions of the new production system, which largely reduces or eliminates the Muda due to operator' waiting times.

Remember to find out more!
Poka Yoke a pag. 41.



The building blocks of TPS are represented by: Heijunka: i.e., levelling. To ensure that production prevents waste, is efficient and quickly meets market demands, it is essential to be able not only to schedule but to balance production. The Kanban method and the OEE KPIs are certain tools that contribute to levelling demand. Standardised Work, i.e., the set of operating procedures developed by all company personnel and involving machines and materials, aim at maximising process quality and efficiency, while ensuring a high degree of work predictability and safety.

Kaizen: namely change for the better, continuous improvement. Every day is a quest for perfection that must never cease. To apply Kaizen does not demand huge investments but it requires optimisation of the resources available deployed to eliminate inefficiencies. It leverages Problem Solving technical specifications.


Remember to find out more! Indicators OEE a pag. 42.


Remember to find out more! Problem Solving a pag. 41.

6.1 Heijunka

Heijunka is production levelling that balances the workload within the production cell while reducing fluctuations in supply.

	7.00	7.15	7.30	7.45	8.00	8.15	8.30	8.45
Type A	■	■	■	■	■	■	■	■
Type B	■	■	■	■	■	■	■	■
Type C	■			■				■
Type D		■	■		■	■		

To correctly scale the Heijunka Box, it is necessary to know the Takt Time, which we know is the maximum time within which a product needs to be manufactured or a service performed to satisfy a customer’s demand. The Takt Time is known for a product line, so a production schedule needs to be designed. Providing the production department with all the production Kanbans at the same time will certainly hinder production scheduling and there would be no Takt Time image in the department. So, this kind of batching should be avoided.

Well, what can be done? We can calculate the production pitch (pace). What is pitch? Knowing the product quantity that is placed in a container or the quantity defined on a Kanban card (for example 10 pieces per pack or 10 pieces for each Kanban card) and the Takt Time (for example 90 sec/piece), pitch can be calculated as the product of these two figures.

PITCH = Pieces for container/pack (or pieces for each Kanban) x TT

PITCH = (10 pcs x 90 sec/pcs) = 900 sec 0 15 min.

Pitch tells us that every 15 minutes a Kanban card will be released (work instruction) and the material manufactured over the previous period collected. Now that the meaning of pitch is understood, it is quite easy and intuitive to build the Heijunka Box.

In our case, therefore, the Heijunka Box will be built (for an 8-hour shift) consisting of 32 columns corresponding to the pitch increments over the 8 working hours. If the pitch is too short (for example 5 minutes, which would lead to 96 possible pitch positions) we usually take a pitch multiple (for example, in each position 3-4 Kanban cards can be placed that need to be processed within the incremental period in question). Usually, it rarely falls below 10-12 minutes for each column (5-6 boxes for each production hour). Every 15 minutes, the operator managing materials will launch the next Kanban into production and will pick up the previous Kanban together with the products made at the final production stage. If all product requested over the previous period has not been completed, it will immediately be apparent that a certain production problem has occurred that needs to be investigated to identify the originating causes.

It is therefore also a great visual production check because when a department head goes to check in real time if everything is fine, he will check the time and the situation on the Heijunka Box and, if there are no problems, all the boxes before such time will be empty; instead, if there are problems, there will be certain boxes that are still full, meaning that production is running late with respect to the schedule. And this can serve as an input to see what problems have arisen and provide for overtime and help for remedying problems and recovery with respect to the schedule.

Instead of having a production schedule given to each department that will manage it independently, as happens in most traditional companies, in lean companies, using the Heijunka Box and Kanban cards, a pull system is created from the last workstation to the beginning of the process.

$$N = \left[\frac{480 \times (30/480) \times (1+0,1)}{5} \right] = 6,6 = 7$$

A practical example.

Let's suppose the average demand is 480 pieces/day.

Coverage time is 30 min.

Safety stock is 10%.

The containers hold 5 product pieces.

The Kanban quantities are rounded upwards. However, positive integers should be preferred, as rounding up creates overproduction, one of the seven forms of waste that should be avoided.

6.2 Standardized Work

Standardisation calls for rules. Standardisation affects all corporate functions (production, production support and administration, etc.) and represents the basis for stability and hence improvement. Work organised according to an efficient production sequence is called standardised work, not to be confused with the use of standards for work tasks.

Standardised work consists of the application of three concepts:

- Takt Time
- Working Sequence
- Standard In-Process Stock.

Takt Time, as already described, is the time specified for manufacturing a piece. This time-scanning mechanism is based on monthly production scheduling. Working Sequence refers to the definition of unambiguous operation sequences for the same process, which leads an operator to produce quality goods efficiently, reducing stocks and risks of injury or illness.

Standard In-Process Stock is the minimum quantity of components that always need to be on hand for production. It enables an operator to do his job without interruptions, performing the same sequence of operations each time and in the same order.

The foundation of the TPS is the Kaizen philosophy.

The Japanese term Kaizen is the union of two words: KAI meaning change and ZEN meaning good: hence the meaning of continuous improvement. This is a key concept in Japanese culture, and therefore we also find it in the TPS. Working according to the Kaizen philosophy means seeking continuous improvement and it is an imperative, starting from the assumption that everything we do can be improved. Even when we think we have achieved perfection, we can do better, as everything can and must be improved; perfection achieved becomes nothing more than a standard, which can also be improved. All concepts we find in the Kaizen philosophy are then obviously incorporated into the Lean Manufacturing system.

Another key concept of Kaizen is that energy comes from below: by analysing Lean Manufacturing, we see that decisions or suggestions need to come from below and should not be imposed from the top, as happens in various manufacturing models. This is also why the application of Lean Manufacturing requires the involvement of all levels in the corporate hierarchy, even the lowest ones.

In addition, Kaizen, like Lean Manufacturing, is based on small but continuous changes; these changes should also be inexpensive. It is obvious that such continuous improvement is driven by a fundamental dissatisfaction, that is, the need to change a certain situation or otherwise improve it.

7.1 Visual Management

Visual Management methodology, understood as visual management applied to processes, enables the progress of business processes to be viewed using simple tools, making them visible to the process players.

The key goal is therefore to make all information regarding the progress of the process instantly usable, highlighting, specifically, any critical issues that are generated, thus meaning they can be dealt with in real time.

The methodologies regarding Visual Management, which can be used not only at the process development stage but also at the process analysis stage, greatly reduce the need for intermediate alignment actions, since they enable constant status updating, with consequent definition of improvement activities to be introduced, with a view to reducing waste.

The essential tools of Visual Management can be traced back to three main categories, according to function and type.

Visual tools



This category includes all charts and diagrams that are functional to the best performance of actual work in practice. These are visual tools that are always available to the operator, and they provide immediate instructions on how to perform certain tasks.

Visual checks



Visual checks enable understanding of when and how to implement a specific action: they may be used to ensure the safety of employees or to better coordinate individual operations, making flow more organic. In the production department, these indicators are extremely useful, and may be represented, for example, by simple traffic lights, where green indicates the time to perform an action or an operation in progress, while red indicates a suspension. This category also includes Kanban cards, which provide accurate and detailed information about previous steps in the production flow.

Visual process indicators



Visual process indicators are also popular tools known for their effectiveness. They may be quite simple stratagems, such as the marking of certain routes using coloured adhesive strips on floors, or areas intended for the storage of specific materials or stocks. This category includes, more generally, all markings that facilitate work performance through precise indications for areas and processes, guiding the correct flow of materials or information quickly and intuitively.

SKILL MATRIX		Revision date: 31.05.22						
		Symbol	Level					
		Unable to perform task						
		Is familiar with the tasks to be performed						
		Can perform tasks but with support						
		Can perform tasks independently						
		Can train other operators						
		Task						
Operator	Cutting	Bending	Riveting	Welding	Assembly	Testing	Packing	
M.Rossi								
S.Castagna								
L.Pelloni								

The skills matrix is a visual management technique. It consists of a table where operator names are written on the vertical axis, while the required skills are written along the horizontal axis. Along the operator training process, markers are added progressively at the intersection of the row with the name and the horizontal lines of the skills acquired.

To identify the various levels of knowledge, the following features may be used: Assorted colour markers, for example, blue for junior operators, green for competent operators and black for senior operators, who can train junior resources. Different symbols for various levels of knowledge.

A skills matrix can serve both as a management tool, for example, to quickly allocate trained resources to new positions, and as a stimulus to motivate staff to increase their skill level.

7.3 5S

5S is a simple procedure for managing the tidiness and cleanliness of workstations and it is the starting point for enabling improvement of production activities and future development.

5S refers to five Japanese terms that represent the main steps in the methodology:



The first step regards the removal from the workstation of any items not required for the production process. By doing this, it is possible to reduce the occurrence of interference in the production process and increase product quality and productivity. This first point is based on the red-tag strategy. The «red-tag», thanks to which potentially unnecessary objects are identified.

The red-tag system is divided into 7 steps:

5S Red Tag

Name: _____ Date: _____

Item: _____

Why Tagged? _____

Disposition Date: _____ Authorized: _____

1. Launch of the “red-tag” system in a production area or throughout the company.
2. Identification of objects and assessment of work areas.
3. Definition of the assessment criteria (any use of the item during current production, frequency of use of the item, quantity of items necessary to perform work tasks).
4. Production of red tags.
5. Attaching red tags to items.
6. Assessment of items according to pre-established criteria.
7. Analysis of the findings obtained.

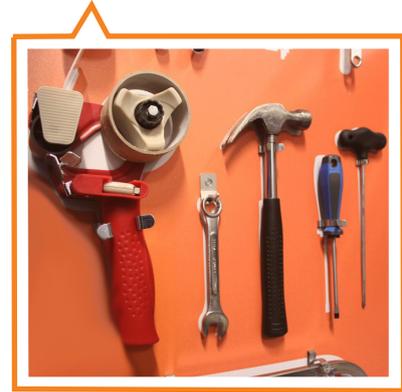
SEITON - arrange/organise

The second step concerns the arrangement of items in such a way that they are easy to identify, use and store. By doing this, it is possible to eliminate numerous points at which time is wasted in the performance of production tasks, increasing handling economy. Everything must be visible, easily accessible and the principle of “everything in its place, a place for everything” must apply.

Delimiting spaces as areas intended for each function



and identifying the placement systems, containers and shadow boards



And items are arranged for easy and immediate availability.

SEISO - tidiness/cleanliness

The third step concerns keeping the workplace clean and tidy and checking the result obtained. By doing this, health risks, breakage of items and the number of defective parts are reduced. Two tools are used to implement this third point and, namely:

The 5S card, which shows by area and by day the operators responsible for cleaning. The “5 minutes” aim to make everyone understand that cleaning must be a daily practice and that is not a waste of time.

SEIKETSU - standardise

The fourth step concerns the definition of the tasks needed to maintain the 3 previous processes over time.

There are three main standardisation stages:

- Definition of the operational process managers
- Integration of processes into normal work tasks
- Process control and maintenance.

SHITSUKE - sustain over time

The fifth step concerns the maintenance over time of the achieved state.

SMED - Single-Minute Exchange of Die - is a technique, deriving from Lean thinking, for the reduction of setup/tooling times. This technique is especially useful when production is inflexible, i.e., when it is unable to meet the needs of customers and in the case of large batches; very high value and bulk occupies warehouse space and lack of capacity and space.

Machine tools often make factory work extremely fast, but tooling times, i.e., tooling changes, are unfortunately less speedy. To overcome this inefficiency, we try to avoid frequent tooling setups, however, on the downside, this may lead to large batches being generated and warehouses remaining full.

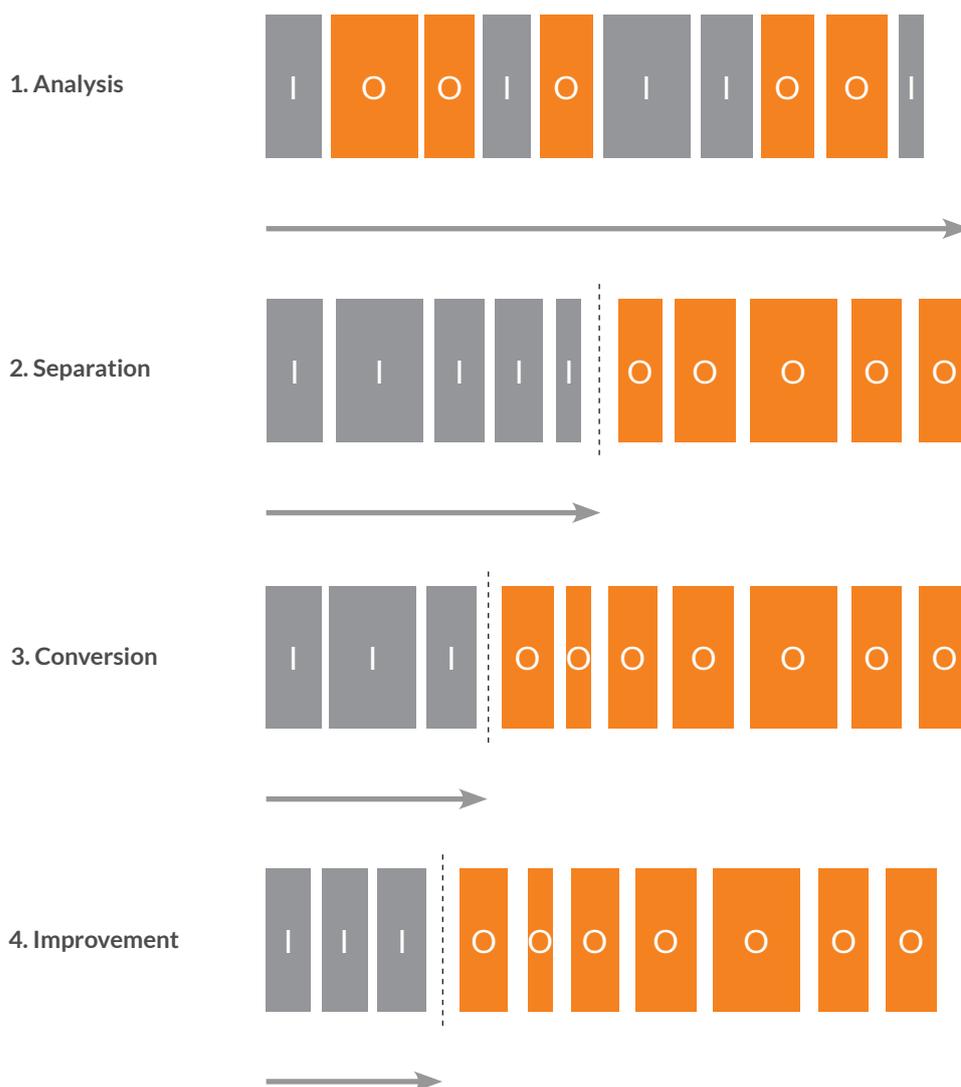
The SMED methodology is implemented in 4 operational steps:

Step 1: Analysis of the current production change process by identifying the tasks that can be performed with machine IED (Inside Exchange of Die) arrested and the OED (Outside Exchange of Die) tasks, i.e., those activities that can be performed while the machine is running.

Step 2: Separation of FDI and OED tasks.

Step 3: Study of the necessary changes to be made to the process to convert “internal” tasks as effectively as possible into “external” tasks.

Step 4: Reduction and optimisation of external activities - reduction of waste (effort, handling and distances); determining the optimal locations for machine tools and tools; establishing checklists or simple procedures for checking the operation.



This Japanese term identifies a fail-safe tool or procedure, which prevents the creation of defects in the order management process or in the production process.

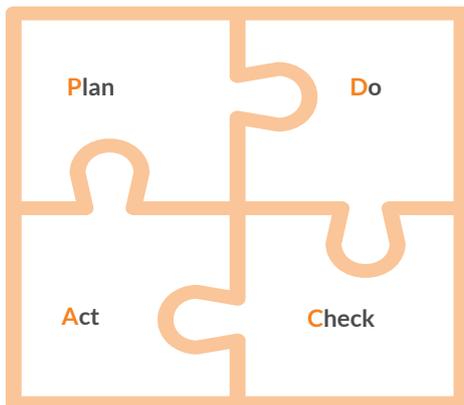
There are three types of Poka Yoke:

- The contact method: the physical feature of an object (its shape and its colour, etc.) enabling the correct position to be identified or preventing connecting parts to each other, thereby preventing malfunctions caused by a wrong contact.
- The fixed-value method checks whether a certain number of operations have been performed.
- The motion-step method checks whether all steps in each process have been performed in the correct order.

7.6 Problem Solving

The term Problem Solving refers to an attitude aimed at finding a solution. As part of Lean Manufacturing, several Problem Solving techniques have been developed, all aimed at improving the ability to make quick and effective decisions with a view to continuous improvement.

The PDCA method



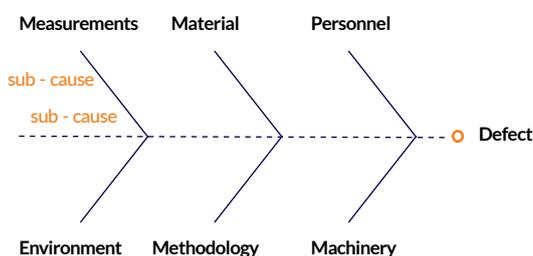
The term PDCA is an acronym where the letters have the following meaning:

- **Plan**: Planning
- **Do**: Trial application of planning
- **Check**: Checking the results and verifying compatibility against what planning
- **Act**: Implementation of the solutions that have passed the checks.

The PDCA cycle can be used whenever:

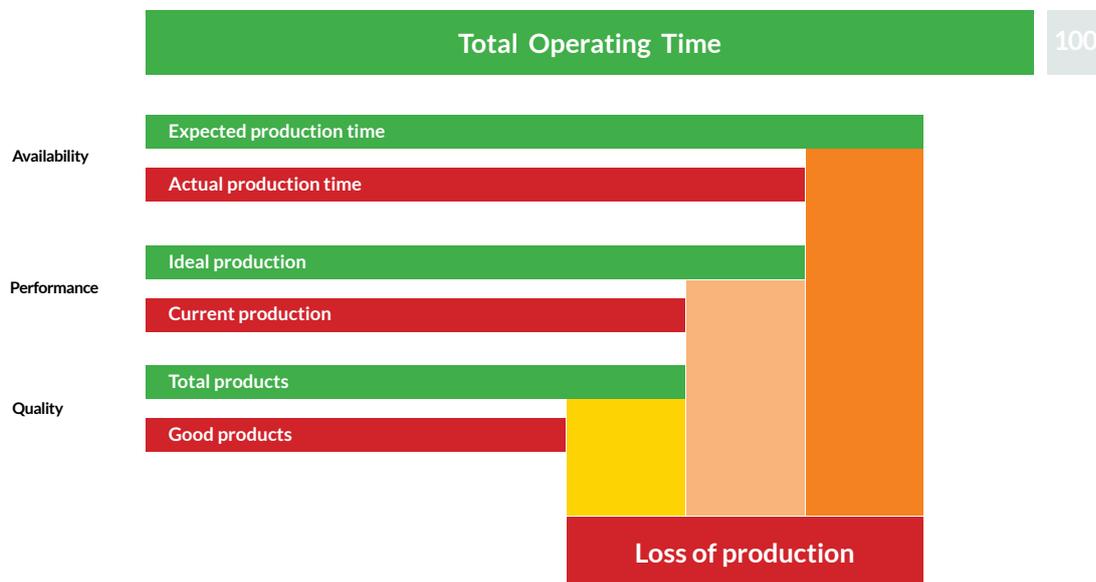
- improvements need to be made to a process;
- a new process is being defined and planned;
- changes to an existing process or project are being implemented;
- defining a new service or product.

Fishbone Diagram



Firstly, the negative effect, problem or defect under analysis is briefly described. We then proceed with identifying the categories where it is assumed the main causes may lie. These are then linked by oblique lines to the main line that connects the problem, as shown in the figure (the categories shown in the figure are those most commonly used in industrial manufacturing). For each of these categories, we then move on to a precise identification of the underlying causes. Other Problem Solving methods are, for example, the A3 method and the 5 Why method.

OEE – Overall Equipment Effectiveness - is a percentage indicator of the overall performance of a production resource, whether human or technical.



The OEE analysis starts with the Total Operating Time. This time value indicates the amount of time available to produce the system or machine. It is usually expressed as work shifts. From the Total Operating Time, it is necessary to subtract all times where the system will not be in production for known and planned causes, such as breaks, lunch, scheduled maintenance and holidays: the remaining time is the Planned Production Time. OEE therefore starts from the Planned Production Time, over which the machines will need to produce, monitoring – within this timeframe – production losses due to unexpected stoppages, low production speed or waste, with the aim of identifying and eliminating the causes of inefficiency.

To measure production efficiency through OEE, three key efficiency ratios need to be used:

- **Availability:** this indicator identifies losses deriving from unplanned production stoppages of machinery, measured as time intervals during which planned production is stopped for any reason. Availability is determined by dividing actual production time by forecast production time. To this datum, it is important to associate the “stoppage causes” or downtime.

- **Performance:** this indicator measures speed losses, measuring the quantity of the pieces actually produced and detecting production losses due to slowdowns of the production cycles. In fact, there are several factors that reduce the actual production speed compared to the nominal output of the machinery. For example, performance may be reduced due to defects in materials or raw materials, wear and tear, power failure or reduction, machine manufacturer defects or operator inefficiency. Inefficiencies slow down production, causing lower production compared to expected production performances. Dividing the current quantitative production ratio by the ideal production ratio gives the Performance factor.

- **Quality:** this indicator measures production losses due to waste, i.e., all products that do not meet the minimum quality requirements, including those that must be reprocessed. The quality ratio is calculated by dividing the number of products considered “good” by the total number of products that have started processing.

The OEE is calculated by multiplying the value of each of these three factors (Availability x Performance x Quality).

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$



fomir.it

FOMIR Srl

Via Torricelli 237 - 40059 Fossatone di Medicina (BO) Italia

 051782444  vendite@fomir.it