

# Sistemi avanzati di programmazione e controllo della produzione

---

Il sistema Just In Time (JIT) e il controllo della produzione tramite kanban

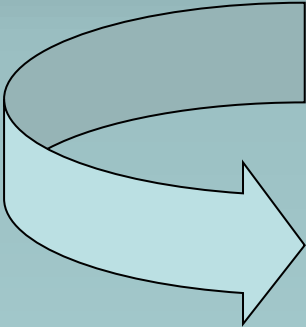
## Sistema gestionale nato presso l'azienda Toyota

**SCOPO** Conseguire il miglioramento continuo

**OBIETTIVO** Produrre solo gli **articoli effettivamente voluti dal cliente e solo nelle quantità e nei momenti effettivamente necessari seguendo, flessibilmente, le fluttuazioni** della domanda del mercato

I vari componenti devono giungere nelle quantità necessarie e nel momento giusto presso le diverse fasi del processo produttivo.

Eliminate tutte le motivazioni che costringono un sistema produttivo alla costituzione di scorte di materie prime, semi-lavorati e prodotti finiti.



La filosofia JIT prevede il conseguimento di un flusso dei materiali, lungo il processo produttivo, continuo, rapido e bilanciato, tirato dall'ultima fase di assemblaggio finale

## GESTIONE DELLA PRODUZIONE DI TIPO PULL

I consumi di articoli da parte dei reparti a valle lungo il processo produttivo autorizzano i reparti a monte ad avviare la produzione per sostituire quanto effettivamente consumato.

### Efficienza del sistema produttivo

- ✓ lead time di produzione breve e stabile
- ✓ bassi livelli delle scorte
- ✓ flessibilità alle fluttuazioni della domanda

Tenere sotto controllo il *WIP lungo l'intero processo produttivo* tramite la tecnica dei cartellini (*kanban*) ed adottando lotti di produzione piccoli o, al limite, unitari.

## KANBAN: Sistema di controllo della produzione e del WIP

Le **quantità di volta in volta prodotte ed utilizzate** da una certa fase corrispondono a quelle che possono essere **contenute in appositi contenitori** a ciascuno dei quali è attaccato un kanban.

Limitare il numero ammissibile di kanban presenti all'interno di ciascuna fase

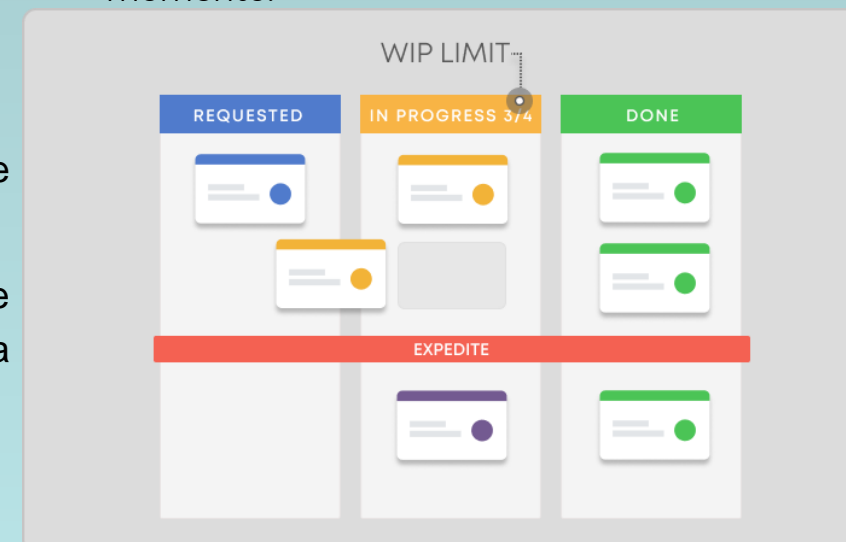
Limitare il numero dei contenitori di materiali che possono circolare nei reparti

*Limitare il massimo numero di pezzi contemporaneamente in corso di lavorazione (WIP)*

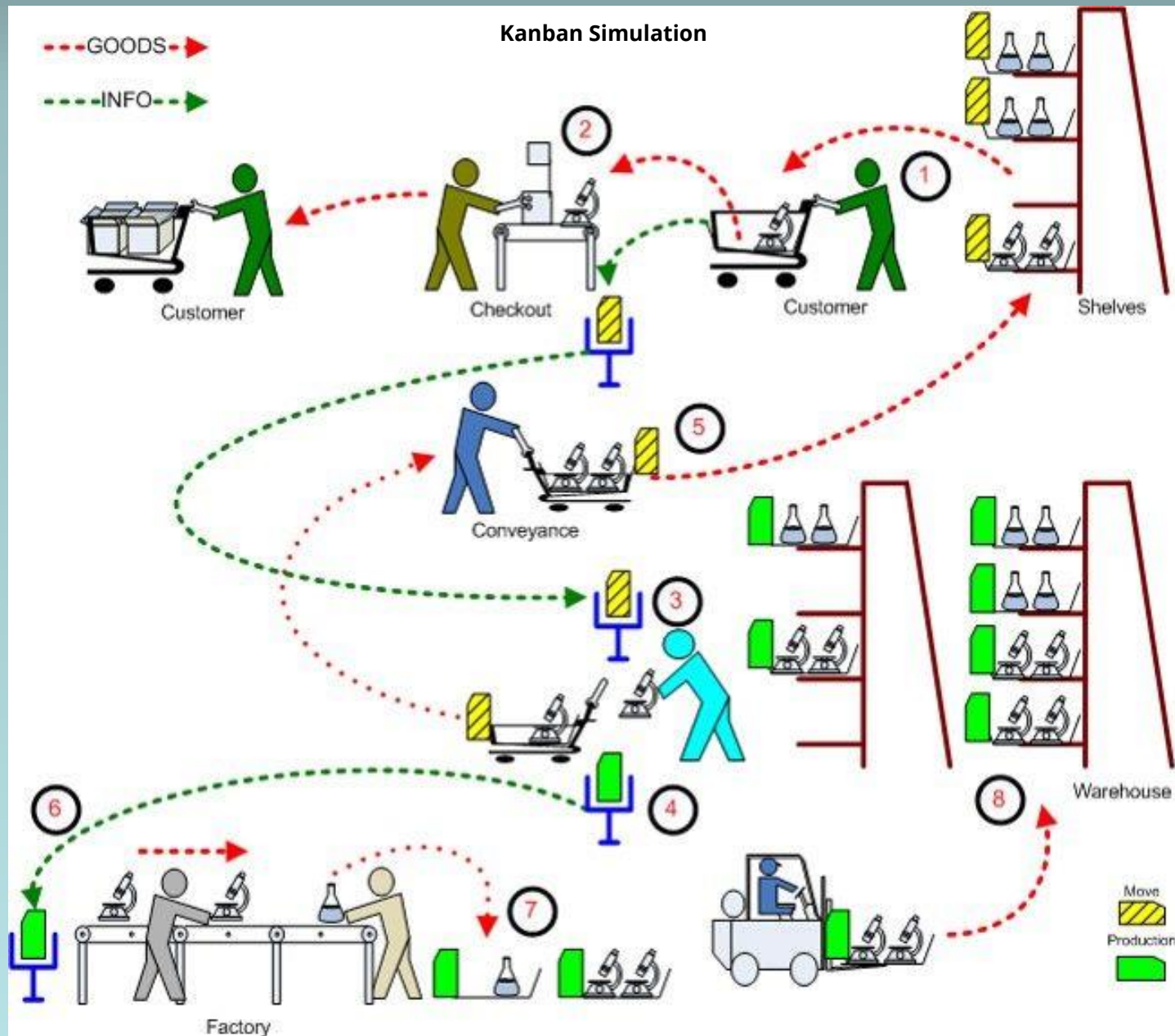
## Regole per il funzionamento di un sistema kanban

- al momento di effettiva necessità, la fase a valle va a prelevare da quella a monte i pezzi che le servono nella quantità necessaria; tale prelievo può avvenire solamente se muniti di apposito **kanban** (denominato, in questo caso, **kanban-prelievo**) su cui è indicata la quantità che deve essere prelevata;
- le fasi a monte, solo se in possesso di apposito **kanban** (denominato, in questo caso, **kanban-ordine di produzione**), sono chiamate a produrre esclusivamente i prodotti che sono prelevati dalle fasi a valle, nelle quantità richieste ed indicate, ancora una volta, nel kanban;
- **la produzione si concretizza così nel riempimento di un contenitore che viene munito, anche esso, di kanban;**
- se il flusso produttivo si interrompe per mancanza di un kanban-ordine di produzione, **l'operatore della fase a monte va ad aiutare il collega della fase a valle**; accade il viceversa se il reparto a valle non ha contenitori pieni da prelevare; questo evita, ad esempio, che in caso di guasto del reparto a valle si accumulino **WIP** tra due reparti;
- **non può esistere** un contenitore sprovvisto di kanban;
- i pezzi difettosi **devono essere arrestati all'interno della fase** che li ha generati senza che avanzino lungo le fasi successive;
- il numero di **kanban deve essere il minimo possibile** per limitare il **WIP**, compatibilmente con la possibilità del sistema produttivo di adeguarsi alle piccole fluttuazioni della domanda del mercato.

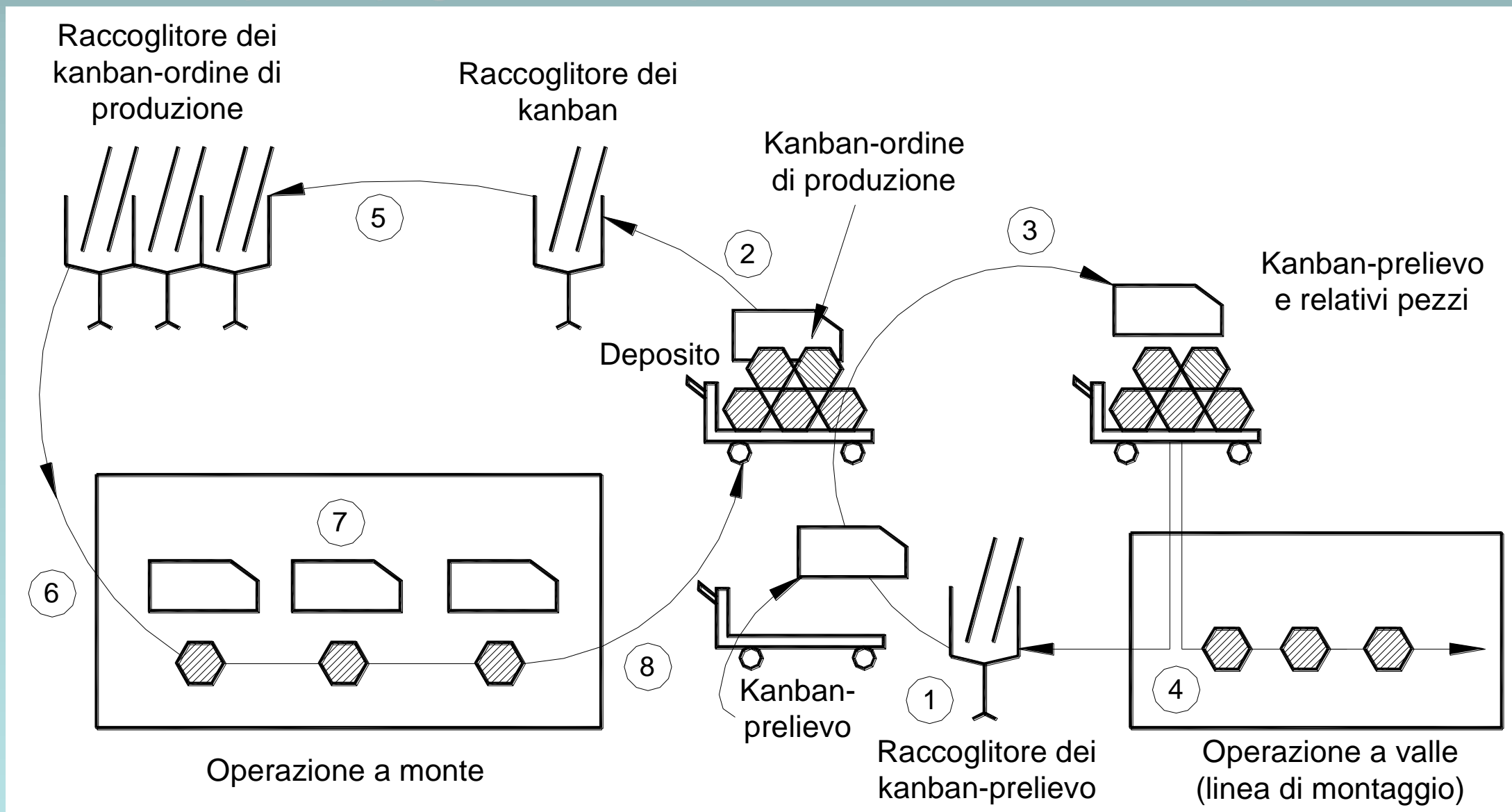
WIP sta per Work In Progress. WIP è il numero di task su cui un team sta lavorando. Evidenzia la capacità del flusso di lavoro del tuo team in qualsiasi momento.



1. Un cliente prende la merce che desidera dallo scaffale.
2. Alla cassa, il cartellino viene raccolto in una postazione kanban (una scatola di raccolta)
3. I cartellini vengono inviati al magazzino.
- Quando le merci vengono raccolte, il cartellino viene scambiato con le scheda di produzione che era attaccato alla merce.
4. Man mano che avviene lo scambio, gli ordini di produzione vengono raccolti in un'altra postazione kanban.
5. La merce viene prelevata dal magazzino e consegnata agli scaffali del supermercato con allegate le schede di spostamento.
6. Le schede produzione vengono riportate in fabbrica, dove gli operatori produrranno solo la quantità indicata sulle schede di produzione.
7. Una volta completata la produzione, le schede di produzione vengono allegate alla merce.
8. Le merci vengono quindi trasferite al magazzino.



## Fasi per l'impiego dei kanban-prelievo e dei kanban-ordine di produzione



## Fasi per l'impiego dei kanban-prelievo e dei kanban-ordine di produzione

1. Ad intervalli prefissati regolari di tempo oppure quando nella fase a valle il numero di **kanban-prelievo** accumulatesi in un'apposita bacheca è pari ad un valore prestabilito, l'addetto ai prelievi di materiali dalla fase a monte trasporta il necessario numero di kanban e di contenitori vuoti (o, alternativamente, pallet) presso il magazzino della lavorazione a monte;
2. dopo aver lasciato i contenitori vuoti, l'addetto della fase a valle preleva dal deposito i contenitori con i pezzi che gli servono staccando i **kanban-ordine di produzione** attaccati a ciascun contenitore e ponendoli in un'apposita bacheca;
3. su ciascun contenitore prelevato, a cui ha tolto il **kanban-ordine di produzione**, l'addetto attacca uno dei **kanban-prelievo** di cui è in possesso; in questa fase di scambio di kanban, è necessario che i contenitori prelevati contengano esattamente quanto stabilito nel **kanban-prelievo**;
4. Nel momento in cui inizia la lavorazione dei pezzi prelevati al passo 3), è necessario togliere dai contenitori i **kanban prelievo** e porli nell'apposito punto di raccolta;
5. Nella fase di lavorazione a monte, i **kanban-ordine di produzione** staccati al punto 3) dai contenitori vengono prelevati e raccolti nell'esatto ordine con cui sono stati staccati;
6. La fase di lavorazione a monte produce i pezzi secondo quanto stabilito dai **kanban-ordine di produzione** raccolti al punto 5);
7. Durante le operazioni di lavorazione nella fase a monte, i pezzi e i relativi **kanban-ordine di produzione** si muovono di pari passo;
8. Una volta conclusa la fase di lavorazione a monte, i contenitori con i pezzi e i relativi **kanban-ordine di produzione** vengono posti nel deposito in attesa del prelievo da parte della fase a valle (punto 2)).



## Esempi di kanban-produzione e kanban-prelievo

N°posizione nel magazzino	G63-08	Codice del pezzo	C1-21	<b><u>Operazione</u></b>  STAMPAGGIO B-2
N.disegno del pezzo	21548248			
Denominazione del pezzo	BIELLA			
Veicolo tipo	2×125 MC			

N°posizione nel magazzino	2F143	Codice del pezzo	C1-21	<b><u>Operazione a monte</u></b>  STAMPAGGIO B-2
N.disegno del pezzo	21548248			
Denominazione del pezzo	BIELLA			<b><u>Operazione a valle</u></b>
Veicolo tipo	2×125 MC			
Capienza del contenitore	Contenitore tipo	Numero di emissione		LAVORAZIONE MECCANICA M-1
15	A	2/10		

# IL TABELLONE DELLE MATERIE PRIME

AERMEC		KANBAN SITUAZIONE F																													
		MATERIE PRIM																													
FORNITORI	MATERIALE DA ORDINARE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		ORDINATO DA CONFERMARE	LUNEDI																												
		MARTEDI																													
		MERCOLEDI																													
		GIOVEDI																													
		VENERDI																													
		SABATO																													
IN RITARDO																															
N° ritardi nel mese di 1/102																															
Riepilogo /Affidabilità																															

PULL SYSTEM										
	FCX62A	FCX17A	FCX62ACT	FCX17ACB	FCX62U	FCX17U	FCX62P	FCX17P	FCX 62AS	FCX62ACB
	3 kanban	2 kanban	3 kanban	2 kanban	3 kanban	2 kanban	3 kanban	2 kanban	2 kanban	2 kanban
	3 kanban	1 kanban	3 kanban	1 kanban	3 kanban	1 kanban	3 kanban	1 kanban	1 kanban	1 kanban
	2 kanban	1 kanban	2 kanban	1 kanban	2 kanban	1 kanban	2 kanban	1 kanban	1 kanban	1 kanban

# IL TABELLONE DEI PRODOTTI FINITI

**AERMEC**

**KANBAN**

ACQUISTARE

Codice : **6550000**

Descrizione : **MOTORE FCX32**

Fornitore : **RPM SPA**

Contenitore : **PALLET-SCATOLA**

Quantità : **119x1=119**

N° etichette : **1/18** Data consegna



**AERMEC**

**KANBAN**

PRODURRE

Codice : **FCX32ACT**

Descrizione : **FCX 32 ACT VENTILC ONVETTORE**

Reparto : **REPARTO MONTAGG**

Contenitore : **PALLET**

Quantità : **10x1=10**

N° etichette : **1/36** Data consegna



## Tipi di kanban

I kanban possono acconsentire la produzione, l'acquisto o la movimentazione dei materiali. Il kanban però può essere distinto in più tipologie che vanno applicate a seconda del contesto di utilizzo.

### Kanban

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.

### Signal Kanban (Kanban segnale)

Il Signal Kanban è implementato nei sistemi produttivi quando **il lotto di produzione del fornitore è grande rispetto ai consumi del cliente**. Il signal kanban ripropone in maniera visuale e fisica la politica di approvvigionamento con punto di riordino. Il kanban non è più associato ad un contenitore ma viene inviato al fornitore solo dopo che si è consumato un certo numero di contenitori o pezzi.

### 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

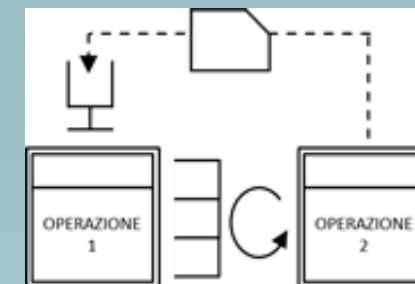
**Zona rossa:** appena un kanban viene posizionato in zona rossa il fornitore deve immediatamente mettere in produzione quel componente.

### Kanban di capacità produttiva

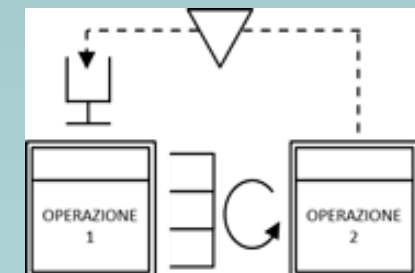
Il Kanban di capacità produttiva indica la disponibilità di un certo ammontare di capacità produttiva nel sistema. A differenza del Kanban tradizionale dove il cartellino richiama la produzione di una ben determinata quantità di pezzi da produrre di un certo codice, il Kanban di capacità produttiva indica semplicemente la disponibilità di capacità produttiva senza specificare cosa produrre.

Questo sistema può essere impiegato dai terzisti che non producono a catalogo e dalle aziende che operano su commessa per gestire il flusso di lavoro.

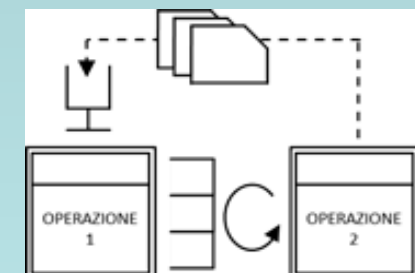
Kanban tradizionale in una Value Stream Map



Rappresentazione del Signal Kanban nel Value Stream Mapping



Rappresentazione del Batch Kanban nel Value Stream Mapping



## La programmazione della produzione nel sistema JIT

### Production Planning (PP)

- Pianificazione a lungo termine;
- Orizzonte temporale: annuale, semestrale o trimestrale;

### Master Production Schedule (MPS)

- Pianificazione a medio termine;
- Orizzonte temporale mensile (livellare i carichi di lavoro);

### Programma di produzione dettagliato

- Orizzonte temporale: da una settimana, tre giorni o ad un giorno

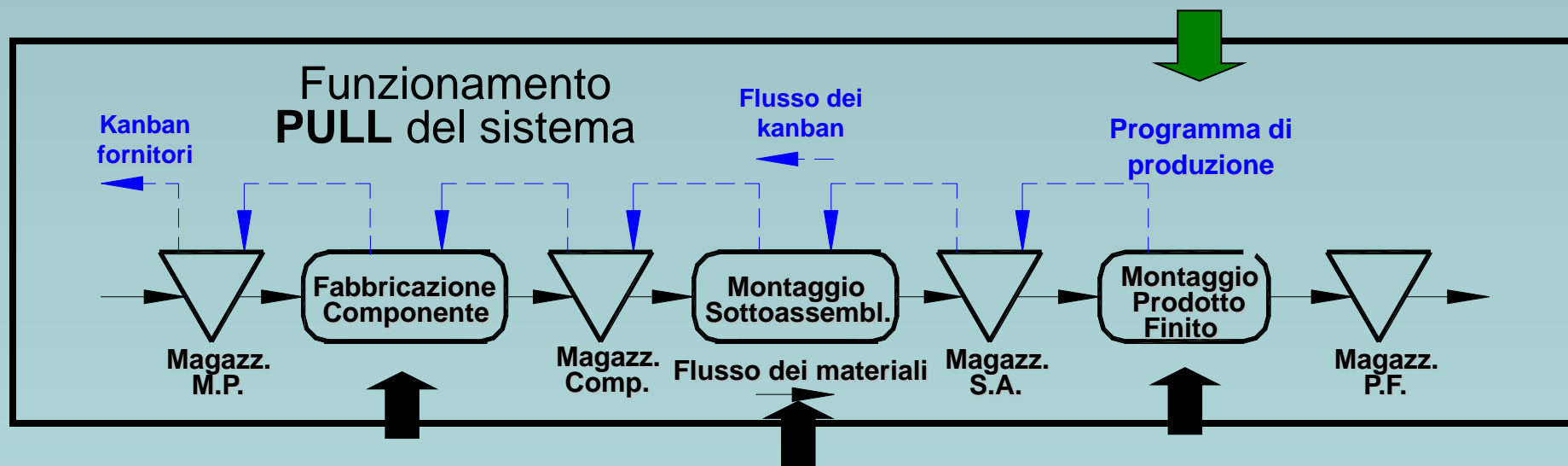
- Programma preliminare comunicato allo stabilimento e ai fornitori di componenti;
- Programma cronologico definitivo (livellare i carichi di lavoro sulle linee), consegnato anche ai fornitori, perché possano predisporre per tempo le attrezzature per la realizzazione di quanto loro richiesto.
- Ogni linea è informata con anticipo con un programma provvisorio;
- Solo la linea di produzione finale viene messa a conoscenza del piano di produzione definitivo livellato: viene stabilita l'esatta sequenza di produzione dei prodotti con le diverse varianti in modo da conseguire una produzione con carichi giornalieri livellati su tutta la linea.

## La programmazione della produzione nel sistema JIT



## La programmazione della produzione nel sistema JIT

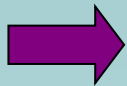
Grazie al meccanismo dei kanban, è necessario fornire il programma dettagliato di produzione esclusivamente al reparto finale, che è l'unico a diretto contatto con i consumi dei clienti



In un sistema tradizionale di controllo della produzione, la definizione del programma di produzione comporta invece l'emissione dei diversi programmi per tutti i reparti che producono i componenti. L'adeguamento alle variazioni della domanda richiede la modifica di tutti i programmi; di conseguenza l'azienda si cautea attraverso la presenza di scorte relative alle diverse fasi di lavorazione.

## **Perché il sistema di controllo della produzione pull con kanban possa funzionare con bassi livelli di scorta intermedia è necessario che:**

- 1. il carico di lavoro sulle varie fasi del ciclo produttivo sia ben livellato e il tasso di consumo dei componenti sia costante;**
- 2. non si abbiano domande sporadiche di molto superiori alla media;**
- 3. i lotti di produzione siano piccoli**



**Definire accuratamente la sequenza finale di assemblaggio, la quale dovrebbe essere cambiata raramente.**

**L'aumento o la diminuzione delle quantità prodotte viene affrontato ricorrendo ad una capacità produttiva flessibile (ore giornaliere: impiego della manodopera in attività non strettamente produttive, es. manutenzione preventiva; straordinario)**

## REALIZZARE UNA PRODUZIONE LIVELLATA

### **OBIETTIVI:**

1. livellare il carico (tempo totale di montaggio) in ciascun processo all'interno della linea;
2. mantenere una velocità costante nell'utilizzare ciascun componente sulla linea

---

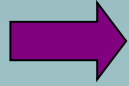
---

### QUAL È LA MIGLIORE SEQUENZA FINALE DI ASSEMBLAGGIO DI TUTTI I COMPONENTI?

**ALGORITMO GOAL  
CHASING METHOD**

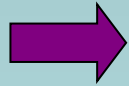
*Ci permette di conoscere la sequenza (scheduling) del reparto finale, in modo da ottenere una produzione livellata*



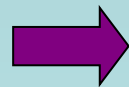


**LE VARIAZIONI NELLA TIPOLOGIA DI DOMANDA** vengono affrontate grazie ad una manodopera flessibile e polivalente (shojinka) che è in grado di svolgere svariate mansioni e condurre più macchinari anche contemporaneamente

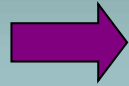
(ATT.NE!: il sistema JIT riesce ad adeguarsi ad oscillazioni giornaliere della domanda, rispetto a quanto pianificato mensilmente, non superiori al 10%)



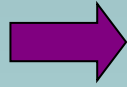
**CONFORMITÀ DEL 100%** gli addetti alle macchine sono addestrati anche a controllare la qualità dei pezzi lavorati ed ad individuare direttamente a valle della lavorazione i difettosi bloccandoli prima che avanzino lungo le lavorazioni successive.



**RIDOTTE SCORTE DI SICUREZZA** stretto rapporto di collaborazione tra l'azienda e i propri fornitori che devono essere disposti a stare dietro alle esigenze produttive dell'azienda stessa.



**LOTTE DI PRODUZIONE PICCOLI:** linea di produzione bilanciata, brevi lead time di produzione, controllo del WIP, alta flessibilità del sistema produttivo



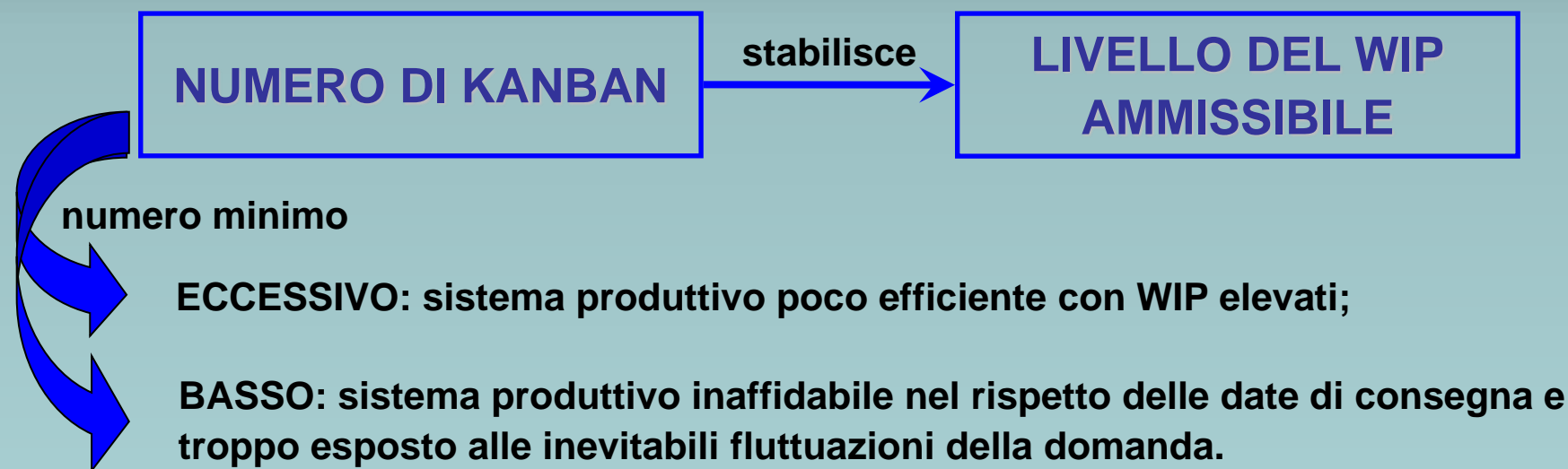
**PER FUNZIONARE EFFICACEMENTE CON LOTTO PICCOLI È INDISPENSABILE RIDURRE AL MINIMO POSSIBILE I TEMPI DI SETUP PER IL RIATTREZZAGGIO DELLE MACCHINE NEI CAMBI DI PRODUZIONE:**



Strumenti per l'abbattimento dei tempi di setup (filosofia SMED (Single Minute Exchange of Die) ovvero: *“come cambiare un'attrezzatura in un minuto”*)

- studio e modifica dei prodotti direttamente in fase di progettazione con criteri di modularità e di raggruppamento per famiglie;
- studio e modifica dei processi produttivi;
- standardizzazione dei cicli di lavoro;
- studio e modifica delle attrezzature di montaggio e lavoro;
- esecuzione, per quanto possibile, delle operazioni di attrezzaggio in ombra alle lavorazioni.

## Calcolo del numero di kanban prelievo



**Nella pratica aziendale, la determinazione del numero ottimale può essere effettuata banalmente anche con un semplice approccio del tipo trial-and-error: si può fissare inizialmente un numero di kanban elevato e poi cominciare lentamente a diminuirlo tenendo, contemporaneamente, sotto controllo le prestazioni del sistema.**

### LOGICHE PER LA DETERMINAZIONE DEL NUMERO TOTALE DI KANBAN (N):

*quantità costante e periodo di prelievo  
variabile*

*intervallo di prelievo costante e quantità  
di prelievo variabile*

più adatta per le operazioni di prelievo all'interno degli stabilimenti per reparti attigui

idonea nell'ambito di rifornimenti da parte di fornitori che risultano più sotto controllo

## 1 - QUANTITÀ COSTANTE E PERIODO DI PRELIEVO VARIABILE

*N = numero di cartellini in circolazione*

$$N = \frac{\text{Lotto}_{\text{econ}} + d \cdot k}{C}$$

dove:

**Lotto<sub>econ</sub>** = lotto economico

**d** = consumo giornaliero

**k** = coefficiente di sicurezza

**C** = capacità di ciascun contenitore

Per:

**D** = consumo mensile

**s** = numero di setup mensili

Si ha:

$$N = \frac{\frac{D}{s} + d \cdot k}{C}$$

**La posizione (P) del kanban-segnale triangolare risulta pari a:**

$$P = \frac{\bar{d} \cdot LT \cdot (1-k)}{C}$$

dove:

$\bar{d}$  = consumo medio giornaliero

LT = lead time di produzione (somma dei tempi di lavorazione, di attesa, di trasporto e di raccolta kanban)

**Se i tempi di setup e i lead time sono ridotti, la quantità costante prelevata dal reparto a valle corrisponde ad un unico contenitore e, quindi, ad un unico kanban. Così il numero di kanban deve essere pari a:**

$$N = \frac{\bar{d} \cdot LT \cdot (1+k)}{C}$$

## 2 - INTERVALLO DI PRELIEVO COSTANTE E QUANTITÀ DI PRELIEVO VARIABILE

*N = numero di cartellini in circolazione*

$$\text{quantità standard} = \bar{d} \cdot (\text{CO} + \text{LT}) + \text{scorta di sicurezza}$$

dove:

**quantità standard** = quantità di materiale necessaria per il periodo del ciclo d'ordine (CO) più il lead time;

**CO** = intervallo di tempo che trascorre tra un ordine e il successivo;

**LT** = tempo che intercorre tra l'emissione dell'ordine e il momento in cui questo viene ricevuto

**Teoricamente il ciclo d'ordine può essere determinato nel modo seguente:**

$$\text{CO} = \frac{\text{lotto economico}}{\bar{d}}$$

**OSS:**

*il ciclo d'ordine è spesso determinato da vincoli esterni, come la schedulazione della produzione mensile o il contratto con il proprio fornitore*

## Così la quantità ordinata risulta pari a:

quantità ordinata = (quantità standard - scorta esistente) - ordini già emessi ma non ancora ricevuti

Spesso gli ordini già emessi ma non ancora ricevuti risultano pari a zero. Così il numero di kanban con il sistema di riordino ad intervallo costante deve essere pari:

$$N = \frac{\bar{d} \cdot (LT + CO + P_k)}{C}$$

dove:

$P_k$  = periodo aggiuntivo di sicurezza;

LT = somma del tempo di processo, di attesa, di trasporto e di raccolta dei kanban.

**La quantità ordinata può essere infine determinata nel modo seguente:**

quantità ordinata = (numero di kanban staccati tra un periodo di raccolta di kanban e l'altro) · C

- 1. Il flusso dei materiali all'interno del processo produttivo deve essere uniforme**
- 2. Gli scarti devono essere ridotti al minimo possibile ed individuati, da parte degli stessi operatori, subito a valle della lavorazione che li ha creati senza che avanzino lungo il processo produttivo**
- 3. I lotti di produzione devono essere piccoli, al limite unitari**
- 4. I tempi di setup devono essere piccoli**
- 5. Il carico di lavoro sulle varie unità produttive deve essere uniforme**
- 6. I componenti da produrre e le attività produttive devono essere standardizzate**
- 7. Devono intercorrere stretti legami di collaborazione con i fornitori i quali dovrebbero adottare anche essi il JIT**
- 8. La produzione deve essere automatizzata**
- 9. Deve essere adottata una politica manutentiva di tipo preventivo sulle macchine per ridurre al minimo guasti ed arresti improvvisi**
- 7. Si deve ricorrere a linee di produzione dedicate a specifici prodotti**
- 8. Gli operatori devono essere flessibili e polivalenti ed essere in grado di condurre contemporaneamente più macchine**
- 9. Deve essere forte il coinvolgimento e la cooperazione di tutti i livelli aziendale**



## **Il sistema gestionale JIT si è dimostrato valido nei seguenti contesti produttivi:**

- 1. Il sistema produttivo è ripetitivo, stabile e con basse percentuali di scarti**
- 2. I prodotti sono standardizzati con un numero limitato di opzioni**
- 3. La domanda è livellata con un mix stabile nel tempo e facilmente prevedibile**
- 4. Non esistono forti stagionalità nelle vendite**
- 5. Gli ordini sono piccoli**
- 6. La capacità produttiva è esuberante e, quindi, i macchinari a disposizione non vengono saturati dai carichi di lavoro richiesti**
- 7. È possibile avere tempi di setup brevi**
- 8. È possibile misurare le prestazioni del sistema produttivo**
- 9. I fornitori sono puntuali ed affidabili nelle loro consegne**