Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale
in Economia e Gestione delle Aziende

Tesi di Laurea

La Lean Production ed il metodo Kanban: una possibile applicazione per il caso aziendale Keller & Kalmbach

Relatore
Ch. Prof. Giovanni Fasano

Laureando
Edoardo Favaro
Matricola 893536

Anno Accademico
2022/2023

A mia mamma Barbara,
A mio papà Giampaolo,
A mia sorella Beatrice.

INDICE

INTRODUZIONE **3**

1. LEAN PRODUCTION: ORIGINE E DIFFUSIONE **5**

1.1. Fordismo e Produzione di Massa 5

1.2. Toyota Production System 8

2. LEAN THINKING: IL PENSIERO SNELLO **17**

2.1. Cos'è il pensiero snello e quali sono i suoi principi applicativi 17

2.1.1. Definizione del valore (*Defining Value*) 19

2.1.2. Identificazione del flusso di valore (*Mapping the Value Stream*) 20

2.1.3. Far scorrere il flusso (*Creating Flow*) 23

2.1.4. Produzione "tirata" della domanda (*Establish Pull*) 25

2.1.5. Ricerca della perfezione (*Pursuing Perfection*) 26

2.2. Le 3M: Muda, Mura, Muri 28

2.2.1. Il Trasporto (*Transport*) 29

2.2.2. Le Scorte (*Inventory*) 30

2.2.3. Il Movimento (*Motion*) 30

2.2.4. L'Attesa (*Waiting*) 31

2.2.5. La Sovrapproduzione (*Overproduction*) 32

2.2.6. La Sovraelaborazione (*Overprocessing*) 33

2.2.7. I Difetti (*Defects*) 34

2.3. La "Casa" della Lean 34

2.3.1. Just-In-Time 36

2.3.2. Jidoka 40

2.3.3. Heijunka 44

2.3.4. Standardized Work 46

2.3.5. Kaizen 49

2.3.5.1. Il "Metodo delle 5S" 52

2.4. Lean Logistics 54

2.4.1. Milk Run 56

2.4.2. Plan For Every Part (PFEP) 57

2.5. Uno strumento fondamentale del Just-in-Time: il Kanban 58
2.5.1. Cos'è il Kanban 58
2.5.2. Supermarket Kanban 59
2.5.3. Tipologie di Kanban 61
2.5.4. One-Card e Two-Cards Kanban 65
2.5.5. Dimensionamento dei cartellini Kanban 67
2.5.6. Le "6 regole" del Kanban 68
2.5.7. CONWIP 69
2.5.8. Possibili problematiche del sistema Kanban 71
2.5.9. E-Kanban 72

3. IL SISTEMA KANBAN NELL'AZIENDA KELLER & KALMBACH 75
3.1. L'azienda 75
3.2. La storia 75
3.3. Gestione di articoli di classe C 76
3.3.1. Analisi ABC 77
3.4. Keller & Kalmbach Italia 79
3.4.1. Il cliente 79
3.4.2. L'inizio del progetto 80
3.4.3. Soluzioni Kanban con tecnologia RFID e NFC 84
3.4.4. I cartellini Kanban di Keller & Kalmbach 88
3.4.5. La fine del progetto 89
3.4.6. LISA 90
3.4.7. Soluzioni personalizzate 92
3.4.7.1. EA S.r.l. 92
3.4.7.2. Antonio Carraro S.p.A 95
3.4.8. Una nuova prospettiva: la Lean Akkademy 99

CONCLUSIONI 101

BIBLIOGRAFIA 105

SITOGRAFIA 109

INTRODUZIONE

L'attuale scenario mondiale è caratterizzato da elevati gradi di incertezza e instabilità, dove le imprese, per poter essere competitive sul mercato, devono essere in grado di adottare nuove pratiche di management al fine di diventare più agili, flessibili ma soprattutto proattive.

Un approccio sempre più diffuso per affrontare con successo questo contesto è rappresentato dalla *Lean Production*, nota anche come "produzione snella". Questa metodologia rappresenta una generalizzazione del *Toyota Production System* (TPS), un paradigma produttivo nato alla fine degli anni '40 del secolo scorso all'interno della casa automobilistica giapponese Toyota come alternativa alla produzione di massa americana. Il TPS, in contrasto con il fordismo, si propone di eliminare gli sprechi e ottimizzare i processi, emergendo come chiave per migliorare l'efficienza operativa in vari settori industriali.

Lo scopo di questa tesi è quello di approfondire la praticità dei principi della Lean Production, con un'enfasi specifica sul metodo *Kanban*, una delle principali pratiche adottate dalla produzione snella. Questo specifico approccio si concentra sulla gestione visiva e sulla produzione pull, consentendo un flusso di lavoro più efficiente e flessibile. In particolare, verrà analizzato il ruolo del Kanban all'interno dell'azienda Keller & Kalmbach, presso la quale ho svolto il tirocinio. L'azienda, leader nella fornitura di parti e componenti per l'industria manifatturiera, posiziona al centro del suo *core business* la gestione efficiente della viteria attraverso la realizzazione di sistemi Kanban presso i propri clienti.

Il primo capitolo dell'elaborato esamina le due principali metodologie produttive del secolo scorso, ovvero la produzione di massa americana e la Lean Production giapponese. Il capitolo inizia evidenziando il diffondersi della produzione di massa a scapito della produzione artigianale, sottolineando il contributo di Henry Ford in questo processo. Successivamente, vengono esaminate le cause che hanno portato alla nascita del TPS in Giappone, seguite da un confronto tra le due metodologie e dall'analisi dei motivi che hanno favorito la diffusione della Lean Production anche in Occidente.

Nella seconda parte vengono osservati i principi del *Lean Thinking*, termine coniato da James P. Womack e Daniel T. Jones, una filosofia che nasce partendo dal concetto di produzione per poi diffondersi all'interno di una vasta gamma di settori e aree aziendali.

All’interno di questo capitolo, vengono analizzati concetti fondamentali come la creazione di valore per il cliente e la ricerca della perfezione, temi cui ogni azienda dovrebbe aspirare. Inoltre, viene esaminato il concetto di spreco e le strategie per evitarlo, insieme alla definizione della “casa” della Lean, ovvero l’insieme di pratiche che un’azienda dovrebbe adottare per diventare snella. Infine, particolare attenzione viene data all'applicazione di questi principi nella logistica e al ruolo centrale del Kanban.

Il terzo e ultimo capitolo si focalizza su Keller & Kalmbach, partendo dalla storia dell'azienda e analizzando poi come essa progetti e implementi con successo il sistema Kanban all'interno dei magazzini dei propri clienti, al fine di ottimizzare la gestione delle scorte e migliorare la catena di approvvigionamento. In particolare, il capitolo esamina i risultati conseguiti in termini di riduzione degli stock, tempi di consegna più rapidi e maggiore reattività alle fluttuazioni della domanda. L'indagine comprende inoltre l’analisi di casi specifici di implementazione del suddetto sistema presso le aziende EA S.r.l. e Antonio Carraro S.p.A., mettendo in luce le sfide affrontate e le *best practices* adottate.

La tesi si conclude con una valutazione complessiva dell'impatto della Lean Production, in particolare del Kanban, sulle operazioni di Keller & Kalmbach presso i propri clienti e sui relativi risultati ottenuti.

CAPITOLO 1

LEAN PRODUCTION: ORIGINE E DIFFUSIONE

1.1. Fordismo e Produzione di Massa

Fino allo scoppio della Prima Guerra Mondiale, la produzione di veicoli nell'industria automobilistica era prevalentemente basata su metodi artigianali, ovvero un metodo di produzione in cui ogni mezzo veniva assemblato manualmente da artigiani altamente specializzati. In questo approccio produttivo, ogni fase del processo di assemblaggio, che andava dalla costruzione del telaio alla sistemazione degli interni, veniva eseguita da artigiani attraverso l'utilizzo di strumenti tradizionali e tecniche proprie.

Il fatto che la produzione fosse artigianale significava inoltre che nessun veicolo era identico a un altro, anche quando venivano costruiti seguendo lo stesso progetto. Invero, ogni artigiano aveva il proprio stile e modo di lavorare, che a volte portava a differenze significative nel risultato finale. Questo rendeva questo tipo di produzione un processo lento (venivano realizzate circa mille vetture all'anno[1]), laborioso e altrettanto costoso: i costi di produzione erano elevati e l'impossibilità di generare economie di scala rendeva l'automobile un bene che solo i ricchi potevano permettersi.

In un contesto in cui l'automobile era un bene accessibile solo a un numero limitato di persone, emerse Henry Ford con l'obiettivo di democratizzarne l'uso, rendendola disponibile per un pubblico più ampio e non solo per pochi privilegiati.

Il sistema innovativo di Ford, che prenderà il nome di *produzione di massa*[2], consisteva nel realizzare un'auto dal prezzo contenuto, semplice da assemblare e che allo stesso tempo garantisse una qualità maggiore rispetto a quelle realizzate attraverso la produzione artigianale dell'epoca.

Nel 1908, Ford introdusse il "Model T" al prezzo di 825 dollari, nettamente inferiore rispetto al prezzo medio delle altre auto dell'epoca il cui prezzo si aggirava intorno a 1000-2000 dollari. Questo modello fu immediatamente un grande successo, con la vendita di diecimila esemplari in quell'anno, stabilendo così un record assoluto per un'automobile.

---

[1] Cfr. Womack, J. P., Roos, D., & Jones, D. T. (1991). *La macchina che ha cambiato il mondo*. Biblioteca Universale Rizzoli, p. 27.

[2] Nel 1926, Henry Ford introdusse il concetto di "*mass production*" nel suo articolo scritto per l'Encyclopedia Britannica, intitolato "Mass Production" (13a edizione, Suppl. Vol. 2, pp 821-823). In quel periodo, molte altre persone si riferivano alle sue tecniche con il termine "*fordismo*".

I concetti base della produzione di massa che assicurarono il successo della Ford Model T e le diedero un enorme vantaggio rispetto alla concorrenza furono la completa intercambiabilità delle parti e la semplicità d'incastro in fase di produzione. Questi aspetti non solo portarono a un notevole risparmio sui costi di montaggio, ma ridussero anche gli sforzi dei lavoratori, poiché l'utilizzo di metalli pretemprati facilitava l'assemblaggio dell'automobile[3].

Con le nuove idee introdotte da Ford, i lavoratori non erano più costretti a svolgere continuamente tutte le operazioni rimanendo fermi ai loro posti fissi di montaggio[4], ma potevano svolgere la propria mansione spostandosi da un veicolo all'altro all'interno del reparto di assemblaggio, ottenendo così un notevole risparmio di tempo e un aumento significativo della produttività.

Nel 1913 Ford introdusse nel suo nuovo stabilimento di Highland Park a Detroit la *catena di montaggio in movimento*, che esaltò ancor di più i concetti introdotti qualche anno prima, in quanto il lavoratore non doveva più spostarsi da una vettura all'altra ma era l'auto stessa a muoversi verso gli operai (che rimanevano fermi) attraverso un nastro trasportatore. Questo garantì un ulteriore incremento dell'efficienza complessiva del processo di assemblaggio, riducendo i tempi di costruzione di un'automobile a circa un'ora e mezza rispetto alle dodici ore impiegate nel 1908.

Il risultato di questa riduzione dei tempi di assemblaggio delle automobili fu, naturalmente, un aumento della produttività, che portò a sua volta alla creazione di forti economie di scala, poiché all'aumentare del numero di veicoli prodotti da Ford, diminuiva il costo unitario. Nei primi anni Venti, con una produzione di circa due milioni di veicoli all'anno, il prezzo di un Model T era di 290 dollari, quasi due terzi in meno rispetto al prezzo di lancio iniziale.

---

[3] Con "*metalli pretemprati*" ci si riferisce a metalli che sono stati sottoposti a un processo di trattamento termico prima dell'assemblaggio dell'automobile. In questo modo, l'assemblaggio risultava più semplice da eseguire, poiché i componenti utilizzati ottenevano le proprietà desiderate durante il processo di tempra, riducendo le complessità di montaggio.

[4] Fino al 1908, prima dell'arrivo dell'intercambiabilità perfetta dei pezzi, i lavoratori dovevano reperire i componenti necessari, limarli in modo che combaciassero e infine fissarli.

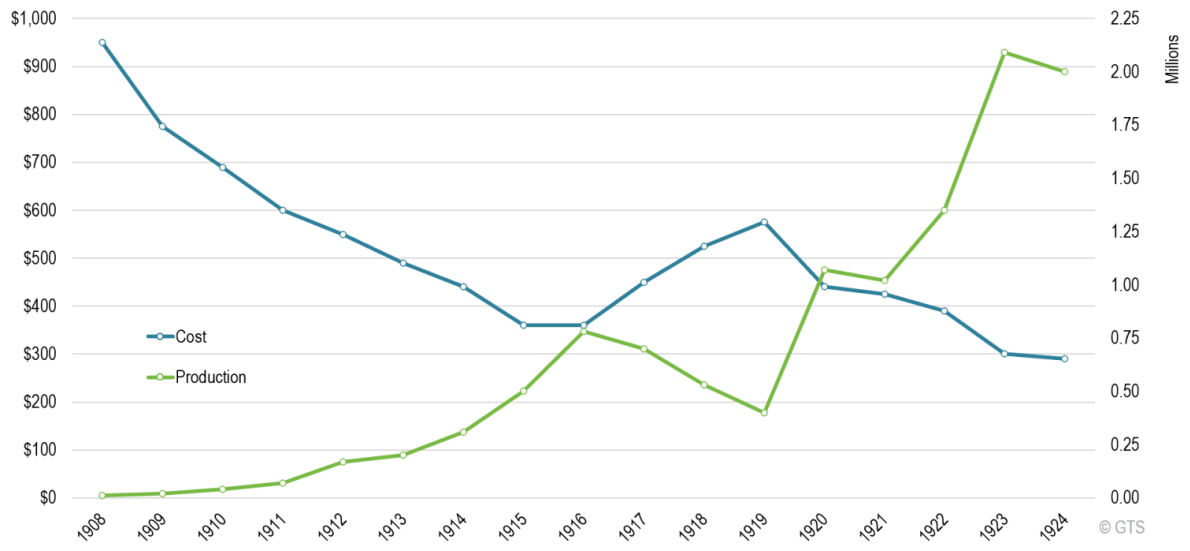

Grafico 1: costo unitario e produzione dei veicoli Ford dal 1908 al 1924[5].

Un ulteriore elemento fondamentale nell'approccio di produzione di massa introdotto da Ford consisteva nell'intercambiabilità dei lavoratori: implementando efficacemente i concetti della divisione del lavoro teorizzata da Frederick Taylor, non era più necessaria nessuna qualifica o specializzazione da parte dell'operaio che, dopo un addestramento di pochi minuti, era già pronto a svolgere quello che sarebbe stato il suo unico compito all'interno della fabbrica.

Un ultimo aspetto distintivo dell'azienda fordista era dato dalla sua integrazione verticale. Questo significava che Ford controllava l'intero processo di produzione delle automobili, dall'estrazione delle materie prime alla produzione di parti standard e all'assemblaggio del prodotto finito. Grazie a questa strategia, l'azienda americana è riuscita non solo a ridurre ulteriormente i costi ma anche a gestire al meglio l'intera catena del valore.[6]

Il fordismo portò la Ford Motor Company a dominare in quegli anni quello che ben presto sarebbe diventato il principale settore industriale al mondo, e a partire dagli anni Venti venne adottato anche da altre aziende del settore come Volkswagen e Fiat. Nel 1955 la produzione di massa era ormai diffusa nei paesi di tutto il mondo, ma allo stesso tempo non tutte le aziende potevano permettersi di adottarla: in maniera analoga andò quindi a formarsi in Giappone un nuovo metodo di produzione opposto a quello fordista, ovvero il *Toyota Production System*.

---

[5] The Geography of Transport Systems (n.d.). *Cost and Production of Ford Vehicles, 1908-1924*. The Geography of Transport Systems. https://transportgeography.org/contents/chapter1/the-setting-of-global-transportation-systems/ford-cost-production-1908-1924/

[6] Un esempio significativo di integrazione verticale da parte di Ford è stata l'acquisizione della River Rouge Plant a Dearborn, nel Michigan, che divenne una delle più grandi fabbriche automobilistiche del mondo.

1.2. Toyota Production System

Il Toyota Production System (TPS), è un sistema di gestione e produzione sviluppato dall'azienda automobilistica giapponese Toyota a partire dalla fine degli anni ’40 del XX secolo con l’obiettivo di migliorare l'efficienza e ridurre gli sprechi nella produzione. Il TPS venne ideato da due giovani ingegneri, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, che attraverso la visione e la leadership del primo e le idee e le tecniche innovative del secondo, concepirono una filosofia diversa e alternativa alla produzione di massa fordista basata sulla catena di montaggio adottata dalle industrie occidentali.

Toyota venne fondata alla fine del XIX secolo da Sakichi Toyoda come azienda produttrice di telai con il nome di Toyoda Automatic Loomome, aprendo successivamente nel 1933 una divisione dedicata alle automobili e affidandola a Kiichiro Toyoda, figlio di Sakichi. Nel 1937, da tale divisione nacque la società indipendente *Toyota Motor Company*.

Nel 1950, la casa automobilistica nipponica poteva contare circa tremila automobili prodotte in quasi trent’anni di attività, contro le migliaia realizzate nello stabilimento di Rouge di Ford ogni giorno.

Eiji Toyoda, per comprendere per quale motivo lo stabilimento di Ford fosse così produttivo, decise di intraprendere un viaggio di tre mesi a Detroit al fine di osservare da vicino come funzionasse la più grande ed efficiente fabbrica del mondo.

Durante la visita allo stabilimento, Toyota e il suo team osservarono da vicino i metodi e le procedure di produzione adottati dall'azienda americana ed esaminarono attentamente la catena di montaggio, i metodi di gestione della manodopera, i flussi di produzione e altri processi utilizzati da Ford per aumentare l'efficienza.

Una volta ritornato in patria, Toyoda si confrontò con Ohno, ed entrambi si resero subito conto che il sistema di produzione di massa fordista, in Giappone, difficilmente avrebbe avuto lo stesso successo ottenuto in Occidente, a causa di diversi fattori:

- In primo luogo, il mercato interno seppur vario in termini di domanda risultava molto limitato;
- In secondo luogo, i lavoratori, forti delle nuove leggi sindacali introdotte durante l’occupazione americana, non erano più disposti ad essere trattati in modo spersonalizzante, come invece sembrava accadere in Ford;
- Infine, dopo la Seconda Guerra Mondiale il Paese si trovava in una situazione di gravi limitazioni di risorse quali materiali, energia e capitale, che la produzione di massa

richiedeva in gran quantità. In particolare, la carenza di capitali rendeva impossibile per le aziende giapponesi appropriarsi delle più recenti tecnologie occidentali.

Tutti questi elementi di fatto resero impossibile l'applicazione del metodo fordista in Toyota. Come accennato in precedenza alla Sezione 1.1, nel mondo occidentale era possibile sfruttare ampie economie di scala grazie alla produzione di milioni di auto ogni anno, il che portava a una riduzione dei costi medi. Al contrario, il metodo di produzione convenzionale adottato da Toyota, con una produzione che si attestava a qualche migliaio di unità, risultava altamente non competitivo a causa dei costi di produzione significativamente più elevati.

Toyoda e Ohno decisero quindi di rivedere i metodi di produzione di Toyota, prendendo ispirazione dal modello fordista ma apportando miglioramenti significativi. Questi miglioramenti si concentravano sull'ottimizzazione della produzione e sulla riduzione dei costi attraverso un'innovativa metodologia basata sull'eliminazione degli sprechi e del superfluo, oltre all'importanza di coinvolgere tutti i dipendenti nell'azienda attraverso un processo di *empowerment*. Mentre il fordismo si concentrava sulla standardizzazione e sulla produzione su larga scala, il TPS cercava di raggiungere un equilibrio tra efficienza e flessibilità, adattando la produzione alle reali esigenze del mercato passando da una logica *push* a una logica *pull*, come vedremo successivamente al Paragrafo 2.1.4.

La prima azione intrapresa da Ohno fu la revisione dei tempi di *setup* degli stampi. Mentre nelle grandi fabbriche occidentali si faceva uso di centinaia di presse capaci di produrre lo stesso componente per periodi che potevano estendersi per mesi o addirittura anni prima che fosse necessario sostituire gli stampi delle macchine, questa pratica non poteva essere adottata presso Toyota a causa delle restrizioni di budget che richiedevano l'utilizzo di un numero limitato di torchi per l'intero processo di stampaggio del veicolo.

Inoltre, la procedura standard di cambio degli stampi richiedeva un'intera giornata lavorativa e l'intervento di specialisti per poter essere completata, un processo che Ohno considerava sia superfluo che dispendioso. Pertanto, decise di rivedere completamente l'intera procedura e di svilupparne una versione semplificata. Attraverso l'utilizzo di rulli e meccanismi di regolazione, fu possibile facilitare l'attività di cambio, rendendola più agevole, veloce ed efficace. Di conseguenza, gli stampi potevano essere sostituiti ogni poche ore e gli stessi operai addetti alla lavorazione potevano eseguire la sostituzione.

Con l'introduzione della tecnica dei cambi rapidi, Ohno non soltanto ridusse il tempo necessario per la sostituzione degli stampi da un'intera giornata a soli tre minuti,

eliminando anche la necessità di ricorrere a specialisti esterni per effettuare il cambio, ma realizzò altresì che il costo unitario dello stampaggio di piccoli lotti fosse inferiore rispetto a quello dei grandi stock. Questo risultò da due fattori principali: la produzione in quantità ridotte eliminava le spese d'immobilizzo generate dagli ingenti stock richiesti dalla produzione di massa e, soprattutto, permetteva di individuare tempestivamente eventuali errori di stampaggio prima che l'auto venisse assemblata.

Divenne quindi fondamentale per Toyota avere lavoratori altamente qualificati e motivati, che non solo prevenivano i problemi e riflettevano sulle eventuali soluzioni, ma erano anche in grado di suggerire e attuare miglioramenti per l'azienda. Sul finire degli anni Quaranta, a seguito di una crisi finanziaria dovuta a un crollo delle vendite, Toyota si trovò costretta a licenziare un quarto della forza lavoro e il presidente di allora, Kiichiro Toyoda, dovette rassegnare le dimissioni assumendosi la responsabilità del fallimento dell'azienda. I lavoratori rimasti, però, a patto di accettare di essere flessibili, fedeli e propositivi ricevettero due garanzie. In primo luogo, il posto di lavoro veniva garantito a vita, il che significava che i dipendenti potevano sentirsi stabili e sicuri nel proprio impiego. In secondo luogo, per loro era prevista una retribuzione basata su scatti retributivi correlati all'anzianità di servizio e dei bonus collegati alla produttività, in modo da incentivare il senso di appartenenza e l'impegno di tutti all'interno dell'azienda. Grazie all'approccio adottato, i lavoratori si trasformarono in autentici membri della *comunità* Toyota, stabilendo un modello di gestione dei dipendenti che in seguito si diffuse ampiamente anche in altre aziende giapponesi.

Un altro aspetto in cui intervenne Ohno fu quello relativo all'assemblaggio: nel contesto del modello fordista, si prevedeva che i lavoratori sulla catena di montaggio svolgessero compiti ripetitivi durante l'intera giornata lavorativa, seguendo le istruzioni del tecnico del lavoro e sotto la supervisione del caporeparto. Questo processo proseguiva anche nel caso in cui un componente non fosse stato assemblato correttamente o ne fosse stato assemblato uno difettoso. L'obiettivo primario per l'impresa fordista consisteva nel mantenere la produzione ininterrotta; invero, eventuali difetti potevano essere corretti in seguito attraverso interventi di rifinitura, mentre le automobili che rimanevano ferme durante la sospensione della linea richiedevano dispendiosi straordinari per poter essere recuperate. Ohno riteneva che questo sistema fosse però pieno di *Muda*, ovvero di spreco in termini di fatica, materiali e tempo. Secondo il suo pensiero, attribuendo maggiore autorità agli operatori in linea la quantità di sprechi e inefficienze in azienda si sarebbe

ridotta. Ohno raggruppò quindi i lavoratori in squadre, ognuna delle quali guidata non più da un caporeparto, ma da un caposquadra che aveva il compito non solo di coordinare il team ma anche di sostituire qualsiasi operaio assente. Fu così che in un'ottica di collaborazione e apprendimento condiviso venne a crearsi un processo di miglioramento incrementale continuo, definito *Kaizen* in giapponese.

In aggiunta, a differenza delle linee di assemblaggio delle aziende di massa che operavano continuamente, Ohno fece installare interruttori su ciascuna postazione di lavoro, permettendo agli operatori di fermare la linea nel caso avessero individuato un problema e facendola ripartire solo dopo che il team avesse risolto l'inconveniente. Per fare in modo che i lavoratori potessero individuare sistematicamente la causa degli errori e trovare soluzioni in modo da evitare che si ripetessero, Ohno sviluppò una tecnica di problem solving nota come i "*Cinque Perché*", approfondita al Paragrafo 2.3.2. Questo sistema, che incentivava i lavoratori a trovare la causa ultima di ogni problema domandandosi "perché?", si discostava da quello fordista in cui gli errori venivano corretti solo a valle senza focalizzarsi sulla causa sottostante. Sebbene questo meccanismo inizialmente sembrasse essere inefficace, dal momento che la linea continuava a fermarsi, attraverso il *learning by doing* e il realizzarsi di economie di apprendimento il numero di errori cominciò a diminuire drasticamente, portando gli stabilimenti Toyota ad avere un rendimento sempre più elevato e con auto dalla qualità sempre maggiore.

La funzione assemblaggio, seppur molto importante, rappresentava solo una piccola percentuale dell'intero processo di fabbricazione di un'automobile. Difatti, la restante parte del processo prevedeva altri elementi come l'ideazione, la progettazione e la costruzione dei vari componenti che servivano per comporre la vettura. Inizialmente, nelle imprese di massa, tutte queste fasi venivano integrate in un'unica struttura verticale, dove gli ordini provenivano dall'alto. Successivamente, a seguito dei cambiamenti della tecnologia, del mercato e della domanda, anche loro iniziarono a ricorrere ai fornitori di componenti.

Dal punto di vista di Ohno, la questione cruciale non era tanto la scelta tra *make or buy*, ma piuttosto trovare un modo in cui fornitori e assemblatori potessero collaborare in armonia, al fine di ridurre i costi e migliorare la qualità del prodotto finale. Infatti, in tale ambito le imprese di massa presentavano diverse problematiche che non consentivano la creazione di un rapporto duraturo tra le due parti. Ford, ad esempio, consegnava il disegno del progetto ai fornitori, sia che essi fossero parte formale dell'azienda assemblatrice o

che fossero una ditta indipendente, affidandone di volta in volta la realizzazione al migliore offerente. La ricerca dell'opzione più economica nel breve termine, tuttavia, poneva in conflitto i diversi fornitori, rendendo estremamente complicato qualsiasi sforzo di collaborazione che, al contrario, avrebbe permesso lo scambio orizzontale delle informazioni tra di loro. Questo sarebbe stato particolarmente valido per le informazioni riguardanti l'ottimizzazione delle tecniche di produzione, che avrebbero portato vantaggi sia ai fornitori che al produttore.

Un ulteriore problema che si presentava era che i fornitori avevano scarse opportunità e pochi incentivi a suggerire qualche miglioramento sulle componenti fornite, in quanto non veniva data loro alcuna informazione sul resto della vettura da parte dei produttori. Allo stesso modo, questi ultimi non possedevano familiarità con le metodologie produttive adoperate dai fornitori. Di conseguenza, il controllo sulla qualità delle parti si basava esclusivamente sulla definizione di un limite massimo di difetti accettabili.

Un ultimo problema presente nelle imprese di massa era che la scarsa flessibilità dei macchinari dei fornitori, unita all'imprevedibilità degli ordini dovuta alle oscillazioni della domanda, costringeva le aziende fornitrici a produrre in anticipo enormi quantità di componenti, generando costi di magazzino elevati a causa dell'ingente stock di materiale accumulato.

Tutto questo portò Toyota a riflettere su un nuovo approccio sulla fornitura dei componenti. A partire dagli anni Cinquanta, la casa automobilistica nipponica iniziò a dividere i fornitori in fasce funzionali, e a ogni fascia corrispondeva una diversa responsabilità. Gli appartenenti alla prima fascia, ad esempio, collaboravano strettamente con Toyota per sviluppare un prodotto che rispondesse alle specifiche richieste dell'azienda e si integrasse perfettamente con gli altri sistemi della vettura. Ciascun fornitore di prima fascia, a sua volta, gestiva una rete di fornitori di seconda fascia, incaricati di produrre i singoli pezzi. Sia per i fornitori di prima fascia che per quelli di seconda fascia, esisteva un rapporto di collaborazione reciproca che favoriva lo scambio di informazioni di progetto. Questa sinergia permetteva di apportare miglioramenti sia ai componenti che ai singoli pezzi, portando vantaggi sia ai fornitori stessi che all'azienda di assemblaggio. Grazie a questa cooperazione, tutti i soggetti coinvolti potevano trarre beneficio da un processo di produzione più efficiente e di alta qualità.

Inoltre, all'interno della filosofia di collaborazione tra cliente e fornitore adottata da Toyota, non solo si verificavano frequentemente interscambi di personale e partecipazioni

azionarie, ma l'azienda spesso si impegnava finanziariamente nell'acquisto di nuove attrezzature per i propri fornitori. Tale approccio aveva come obiettivo primario la creazione di un valore aggiunto comune, il quale avrebbe rafforzato l'intera catena di approvvigionamento. Questa sinergia consentiva di condividere conoscenze, risorse e competenze, contribuendo così a migliorare la qualità del prodotto finale e l'efficienza dell'intero processo produttivo.

Un ultimo elemento relativo alla catena di approvvigionamento di fondamentale importanza su cui Ohno intervenne fu l'introduzione del *Kanban*, ovvero una particolare metodologia di gestione del flusso di fornitura che segue la logica pull del *Just-in-Time* (JIT). Questa tecnica consisteva nel produrre i pezzi necessari solo nella fase antecedente a quella richiesta, evitando così la creazione di enormi stock di magazzino. Questo metodo di gestione della catena di approvvigionamento, seppur difficile e rischioso da mettere in pratica, consentiva di evitare lo spreco di risorse e di rendere il processo di produzione più efficiente e reattivo.

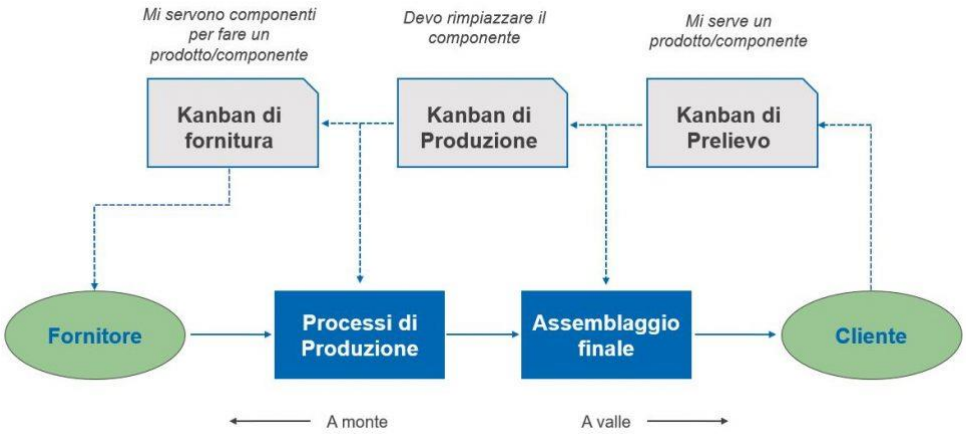

Figura 1: funzionamento del sistema Kanban[7], come si vedrà in maniera più dettagliata alla Sezione 2.5.

A partire dagli anni Sessanta, nei paesi industrializzati, grazie a una significativa crescita economica e a un diffuso desiderio di libertà e indipendenza nel viaggiare, le automobili iniziarono a diventare parte integrante della vita di tutti i giorni. Con l'evoluzione degli stili di vita delle persone, anche i gusti e le esigenze riguardanti le automobili iniziarono a mutare, creando un mercato profondamente segmentato.

Questo cambiamento nel mercato si rivelò estremamente vantaggioso per Toyota, poiché, secondo i dati raccolti dall'azienda, al momento dell'acquisto di un'auto l'affidabilità del

[7] Volpe, A. (2021, 11 ottobre). *Metodo Kanban Lean production per evitare la sovrapproduzione*. Vendor. https://www.vendorsrl.it/metodo-kanban-lean-production/

mezzo si rivelava essere la caratteristica principale ricercata dai consumatori, aspetto su cui la casa automobilistica nipponica poteva vantare una netta superiorità rispetto ai suoi concorrenti. Poiché i consumatori erano disposti a pagare un prezzo maggiore per ottenere un prodotto più affidabile, Toyota non era più costretta a mantenere prezzi in linea con i competitors a produzione di massa ma poteva permettersi di incrementarli senza perdere quote di mercato. Inoltre, in virtù del notevole risparmio ottenuto grazie al TPS, Toyota era in grado di produrre una gamma diversificata di prodotti per soddisfare le diverse richieste dei consumatori, mantenendo al contempo un aumento dei costi di produzione contenuto.

Di fondamentale importanza fu poi la creazione di una rete di distributori che potesse sviluppare dei rapporti di lungo termine sia con i rivenditori che con i clienti. I rivenditori venivano inclusi nel sistema di produzione, consentendo una collaborazione più stretta e una gestione efficiente delle forniture e della distribuzione dei veicoli. In questo modo, il concessionario divenne il primo stadio del sistema Kanban, in quanto trasmetteva all'azienda l'ordine delle automobili già vendute e che sarebbero state consegnate entro poche settimane. Inoltre, i clienti partecipavano attivamente al processo di sviluppo del nuovo prodotto, in modo tale da consentire a Toyota di comprendere meglio le loro esigenze e preferenze. Questo approccio favorì una maggiore soddisfazione e fidelizzazione da parte dei clienti, che spesso preferivano acquistare nuovamente un'auto Toyota quando necessario. Invero, preservare la fedeltà dei clienti nei confronti del marchio rappresentava un obiettivo di primaria importanza per l'azienda, con l'intento di incoraggiare un numero sempre maggiore di individui a far parte della "famiglia" Toyota.

Grazie al *Toyota Production System*, Toyota ha compiuto notevoli progressi nell'industria automobilistica. Nel giro di pochi decenni dall'applicazione del TPS, l'azienda è stata in grado di colmare il notevole divario che la separava da Ford e General Motors, rendendola agli inizi degli anni Ottanta la terza casa automobilista al mondo per fatturato. Agli inizi degli anni 2000, più precisamente nel 2003, Toyota ha definitivamente superato Ford[8] e, ancora oggi, continua ad essere uno dei maggiori produttori di automobili al mondo.

Proprio il crescente successo di Toyota a partire dagli anni '80 ha attirato l'attenzione di studiosi e professionisti che hanno cercato di analizzare e comprendere i meccanismi

[8] Cfr. Hakim, D. (2004, 27 gennaio). *Toyota overtakes Ford as world's No. 2 automaker*. The New York Times. https://www.nytimes.com/2004/01/27/business/toyota-overtakes-ford-as-world-s-no-2-automaker.html

dietro il successo dell'azienda. Verso la fine di quel decennio, John Krafcik, nel suo articolo "*Triumph of the Lean Production System*", coniò per la prima volta il termine "*Lean Production*" per descrivere il sistema produttivo di Toyota. Questo termine venne in seguito adottato da James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos nel libro "*The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*". Quest'opera giocò un ruolo fondamentale nel diffondere l'attenzione verso i principi della Lean Production negli Stati Uniti, in cui vennero analizzate e comparate le performance dei principali produttori automobilistici mondiali dell'epoca con il sistema di produzione Toyota. Ciò rivelò in modo evidente le ragioni per le quali il sistema Toyota era nettamente superiore rispetto alla concorrenza.

Col tempo, il numero di aziende adottanti i principi di gestione di Toyota è cresciuto significativamente, contribuendo alla diffusione dei concetti di *Kaizen* (miglioramento continuo), eliminazione dei *Muda* (sprechi), *Just-in-Time* (produzione al momento giusto) e *Kanban* (sistema di controllo visivo della produzione).

Inoltre, la crescente interconnessione delle economie globali e l'emergere di Internet hanno creato un contesto in cui le aziende, attraverso lo scambio di esperienze, *best practices* e conoscenze, sono state incoraggiate ad adottare modelli di produzione più efficienti e innovativi come la produzione snella.

Inizialmente concentrata esclusivamente nel settore automobilistico, la diffusione globale della Lean Production si è progressivamente estesa non solo all'industria manifatturiera in generale, ma anche ad altri settori, tra cui i servizi, la sanità, l'amministrazione e altri ancora, oltrepassando così il semplice ambito della produzione. A partire dalla fine degli anni Novanta si diffuse quindi un nuovo approccio filosofico e metodologico, emerso dall'evoluzione della produzione snella, chiamato *Lean Thinking*.

CAPITOLO 2

LEAN THINKING: IL PENSIERO SNELLO

2.1. Cos'è il pensiero snello e quali sono i suoi principi applicativi

Il Lean Thinking, conosciuto anche come *pensiero snello*, costituisce una filosofia applicata all'organizzazione interna ed esterna di un'azienda, mirata alla "*ricerca degli sprechi e la loro eliminazione allo scopo di produrre di più con un minor consumo di risorse*"[9]. L'espressione Lean Thinking è stata coniata per la prima volta nel 1996 da James P. Womack e Daniel T. Jones nel loro libro "*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*", e, in questo testo, il termine "*Lean*" si estende ben oltre la sua originaria associazione con la produzione abbracciando una vasta gamma di settori e contesti aziendali, trovando applicazione in ogni area dell'impresa. Quando si parla di Lean, non si fa riferimento semplicemente a una metodologia da attuare, ma piuttosto a un modo di pensare, una "filosofia dell'azione" orientata al miglioramento continuo che ha un'applicabilità universale e può essere implementata in qualsiasi processo operativo. Per comprendere il concetto di spreco, è fondamentale in primis individuare il suo corrispettivo, cioè ogni elemento che possiede un valore e che merita di essere preservato e trasmesso. Se l'utilizzo delle risorse conduce, in maniera diretta o indiretta, alla generazione di valore, allora tale impiego è giustificato; altrimenti, rappresenta uno spreco che deve essere eliminato.

Ma a chi ci si riferisce quando si parla della "creazione di valore"? In questi contesti, il riferimento è al consumatore finale, ovvero colui che gode direttamente dei benefici generati dai prodotti o servizi.

È fondamentale che il concetto di valore sia comprensibile non solo all'interno dell'azienda, ma anche all'esterno, al fine di ottimizzare l'intera catena del valore, a partire dalla fase stessa di approvvigionamento dei fornitori. Pertanto, è necessaria una stretta integrazione tra le diverse fasi che conferisca fluidità e continuità a tutta la sequenza di decisioni e operazioni sia all'interno che all'esterno dell'azienda.

Quando un'azienda sceglie di adottare il Lean Thinking, è importante che non si limiti a valutare solamente gli standard dei concorrenti o le prestazioni dell'impresa considerata leader nel settore; al contrario, dovrebbe ambire direttamente all'ideale di perfezione,

[9] Volpato, G. (1997), in J. P. Womack, D. T. Jones, *Lean Thinking: Come creare valore e bandire gli sprechi*, Guerrini e Associati, pp. 20-24.

inteso come massima espressione di efficienza e qualità nei processi aziendali, pur consapevole dell'eventuale difficoltà nel raggiungerlo in pieno. Questa perfezione dovrebbe costituire un punto di riferimento costante per l'azienda, con l'obiettivo di mantenere sempre attivo il processo di miglioramento continuo noto come Kaizen.

In questo processo di miglioramento continuo è importante coinvolgere tutti i dipendenti attraverso un approccio *bottom-up*, coinvolgendo ognuno di essi nel processo di ottimizzazione dei processi e verso una cultura aziendale orientata al cambiamento e allo sviluppo.

Nell'opera "*Lean Thinking*" gli autori Womack e Jones, a differenza del loro primo lavoro "*The Machine That Changed the World*", spostano l'attenzione dai processi aggregati che caratterizzano un'impresa snella, concentrandosi invece su quei principi che possono guidare la trasformazione di un'azienda orientata alla produzione di massa in un'organizzazione snella. Dopo quattro anni di interazioni con oltre cinquanta aziende in settori diversi, a partire da quello manifatturiero fino ad arrivare a quello dei servizi, hanno concluso che il pensiero snello può essere riassunto in cinque principi applicativi:

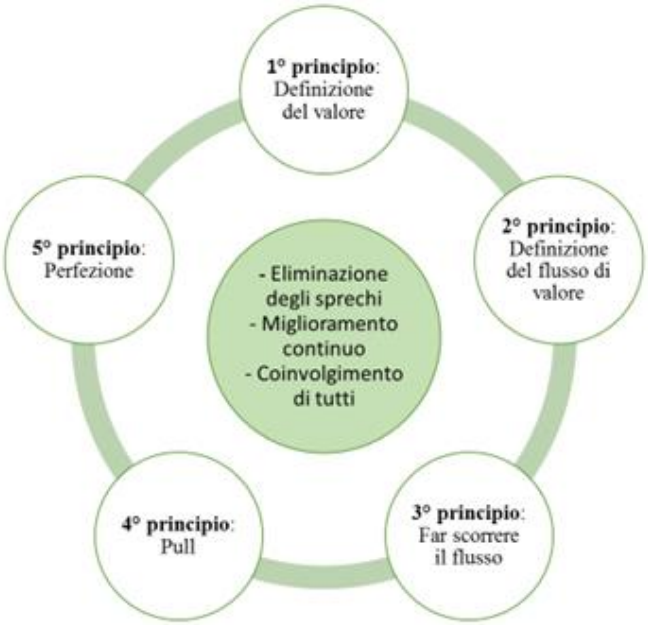

Figura 2: i cinque principi del Lean Thinking[10].

- Definizione del valore (*VALUE*): il primo principio si basa nel definire il valore per il cliente finale e distinguere gli sprechi;

[10] CTQ (2019, 4 settembre). *I 5 Principi Del Lean Management System*. CTQ - Consulting Training of Quality. www.ctq.it/sito/news/i-5-principi-del-lean-management-system

- Definizione del flusso di valore (*VALUE STREAM*): il secondo principio riguarda la mappatura delle attività di processo, separando quelle a valore aggiunto da quelle non a valore aggiunto;
- Far scorrere il flusso (*FLOW*): il terzo principio comprende la creazione di un flusso continuo e ininterrotto per le attività che creano valore;
- Tirare (*PULL*): il quarto principio consiste nel consentire ai clienti (sia interni che esterni) di "tirare" il processo in base alle loro esigenze, in modo che venga attivato solo quando necessario. In altre parole, la produzione non inizia finché non esiste una reale domanda da parte dei clienti;
- Perfezione (*PERFECTION*): l'ultimo principio, ma non per importanza, consiste nell'abbracciare un sistema di miglioramento continuo, in cui ogni soluzione è vista come una tappa verso un progresso costante.

Attraverso l'applicazione di questi principi, il pensiero snello emerge come un "*potente antidoto*"[11] contro il Muda, la principale fonte di spreco secondo Taiichi Ohno, consistente in tutte quelle attività umane che assorbono risorse senza generare valore.
Di seguito, esamineremo nel dettaglio i cinque principi del Lean Thinking a partire dalla definizione del valore.

2.1.1. Definizione del valore (*Defining Value*)

"Il pensiero snello deve quindi partire da un tentativo consapevole di definire con precisione il valore in termini di prodotti specifici con caratteristiche specifiche offerti a prezzi specifici attraverso un dialogo con clienti specifici"[12].

La lotta contro gli sprechi inizia con l'individuazione di ciò che realmente ha un valore. Utilizzare risorse ha senso solo se contribuisce effettivamente a creare valore, altrimenti è Muda. Per "valore" si intende ciò che deriva dalle azioni che, all'interno di un processo specifico, sono considerate utili nel soddisfare le necessità del consumatore. La corretta definizione di *value creation* deve essere quindi l'obiettivo primario di ogni azienda che voglia snellirsi; spesso, però, le aziende concentrano la loro attenzione sul proprio guadagno, sul fatturato complessivo e su tutto ciò che riguarda l'equilibrio interno, continuando a produrre sempre le stesse cose senza domandarsi cosa vogliano in realtà i

[11] Volpato, G. (1997), pp. 43-44.
[12] Volpato, G. (1997), pp. 44-49.

suoi clienti. Tuttavia, è cruciale abbandonare questa tentazione a favore di un approccio più razionale: i processi interni devono essere orientati verso ciò che genera valore per il consumatore. È necessario quindi che produttori e clienti ripensino al concetto di valore nel suo insieme, mettendo in discussione le formule tradizionali come quelle legate alla logica di minor costo, maggior personalizzazione o consegna immediata, attraverso le quali il rischio di portare sul mercato prodotti classificati come Muda è elevato. Nel farlo, è essenziale un dialogo continuo tra produttore e consumatore, che consenta al primo di capire ciò di cui il secondo ha veramente bisogno. Nel lungo periodo, è proprio questo orientamento che garantirà profitti e un fatturato sostenibile.

Una volta definito un prodotto che soddisfi le richieste e i bisogni del consumatore, è fondamentale determinarne un *target cost* basato sulla quantità di risorse e lavoro richiesti per la sua realizzazione, ipotizzando allo stesso tempo che tutti i Muda siano stati rimossi durante il processo. Le imprese snelle, a differenze di quelle classiche che calcolano il prezzo del prodotto basandosi sul mercato e calcolano il *costo obiettivo* a ritroso per assicurarsi un determinato livello di profitto, guardano il prezzo e le caratteristiche dei prodotti sul mercato delle aziende tradizionali e si domandano quanti costi superflui possono essere evitati applicando metodologie Lean. Si chiedono, quindi, quale sarebbe il costo di quel prodotto senza Muda, e il valore ottenuto diventa così il target cost per le aziende snelle. Il vantaggio in termine di costi ottenuto dalle imprese Lean consente loro di aumentare i volumi di vendita, sia nel breve che nel lungo periodo, in quanto il risparmio ottenuto gli permette di ridurre i prezzi, di aumentare la personalizzazione dei prodotti, di offrire servizi aggiuntivi post-vendita e di investire nella R&S. Una volta determinato, il target cost di un prodotto consente all'impresa snella di monitore l'intero flusso di valore di quel dato prodotto, dalla sua progettazione al suo sviluppo.

2.1.2. Identificazione del flusso di valore (*Mapping the Value Stream*)

Il secondo principio del pensiero snello consiste nell'identificazione del flusso di valore, che riguarda l'insieme completo delle attività coinvolte nella trasformazione delle materie prime in prodotto finito. In particolare, il flusso del valore rappresenta l'insieme delle attività necessarie per far sì che un prodotto, bene o servizio che sia, attraversi in modo altamente efficace i tre processi fondamentali che si riscontrano in qualsiasi settore: la definizione del prodotto, la gestione delle informazioni e la sua realizzazione pratica fino

alla consegna al cliente finale. Una volta definito ciò che realmente aggiunge valore per il cliente (primo principio), diventa essenziale individuare e mappare in modo chiaro i flussi di informazione e materiale coinvolti nella produzione di ciascuna famiglia di prodotti o nella fornitura di ogni servizio. Inizialmente, si deve creare una mappa della situazione attuale ("*as is*"), evidenziando qualsiasi forma di spreco. Successivamente, si procederà a progettare la situazione futura ("*to be*") verso cui ci si orienterà attraverso una serie di iniziative e progetti Kaizen. In particolare, l'analisi del flusso di valore mostra quasi sempre che in esso si possono identificare diversi tipi di attività. All'interno delle aziende, esistono attività che apportano un valore aggiunto e che meritano di essere ottimizzate, mentre altre sono prive di vantaggi reali. Di queste ultime, è essenziale distinguere tra attività prive di valore ma necessarie per il funzionamento interno e attività completamente superflue. Infatti, non tutte le azioni che non contribuiscono direttamente al valore per il cliente sono prive di utilità: alcune, invero, possono essere necessarie a causa di requisiti e vincoli di varia natura.

Le attività condotte in un'azienda possono essere quindi suddivise in tre categorie principali:

Figura 3: le attività svolte in azienda[13].

Le *attività a valore aggiunto* comprendono quelle attività necessarie affinché un prodotto venga riconosciuto come tale e che sono in grado di generare vantaggi concreti e tangibili,

[13] Utek Vision (2022, 13 maggio). *Be Lean, segui il valore*. Utek Vision. www.utekvision.com/it/blog/be-lean-valore.html

sia in termini di qualità del prodotto che di riduzione dei costi. In questa tipologia di attività, il valore è effettivamente percepito dal cliente come qualcosa per cui è disposto a pagare. Inoltre, processi di produzione e distribuzione efficienti possono aiutare a raggiungere questo obiettivo, poiché possono abbassare i prezzi. Queste attività sono le uniche che non generano Muda.

Le *attività senza valore ma necessarie* comprendono tutte quelle operazioni che, sebbene non abbiano un valore, devono comunque essere eseguite. Queste attività comprendono quelle vincolate da requisiti tecnici, produttivi, di sicurezza o tecnologici che non possono essere eliminati ma che allo stesso tempo il cliente non percepisce come valore aggiunto. Sono quindi attività che non apportano valore immediato, ma sono essenziali in quanto preparatorie o correlate alle attività principali, e quindi inevitabili. Lo spreco generato dalle attività necessarie prive di valore aggiunto prende il nome di Muda di *Tipo Uno*.

Si potrebbe immaginare una catena di montaggio in un'azienda che produce automobili. In questo processo, l'installazione di airbag di sicurezza è un'attività necessaria ma non aggiunge valore direttamente al cliente in quel momento. Pur essendo importanti dal punto di vista della sicurezza, dal punto di vista del cliente l'installazione di un airbag non modifica l'aspetto e il funzionamento dell'auto. Tuttavia, essendo un requisito legale e di sicurezza, è un Muda di Tipo Uno, ovvero un'attività senza valore ma necessaria per rispettare le normative e garantire la sicurezza del prodotto.

Infine, le *attività senza valore aggiunto* rappresentano uno spreco di risorse che va assolutamente evitato. Queste attività non apportano alcun beneficio visibile al cliente, motivo per cui quest'ultimo non sarebbe disposto a pagare. Piuttosto, portano ad un uso inefficiente delle risorse, sia in termini di tempo che di costi; quindi, l'obiettivo principale dovrebbe essere quello di ridurre gradualmente queste attività improduttive e, se possibile, eliminarle del tutto. Lo spreco generato dalle attività di questo tipo prende invece il nome di Muda di *Tipo Due*.

In questo caso, supponiamo che all'interno del processo di produzione di un'auto, ci sia un'attività che coinvolga la verniciatura di parti che non sono visibili o accessibili una volta che l'auto è stata assemblata. Questi lavori di verniciatura aggiungono peso e costi al veicolo senza apportare benefici al cliente in termini di aspetto e prestazioni. In altre parole, i clienti non vedranno mai queste parti nascoste e, di conseguenza, non attribuiranno alcun valore al lavoro svolto per verniciarle. Questa attività rappresenta un Muda di Tipo Due, in quanto è un'azione che non solo non aggiunge valore al prodotto

finito, ma è anche superflua dal punto di vista del cliente. Eliminare o ridurre tale verniciatura inutile può ridurre i costi di produzione e migliorare l'efficienza dell'auto in termini di consumi, migliorando la competitività complessiva dell'azienda automobilistica.

Una volta ridotte le attività che non portano valore ma necessarie ed eliminate quelle invece totalmente superflue, è importante garantire che le restanti attività creatrici di valore fluiscano tra loro, come spiegato al paragrafo successivo.

2.1.3. Far scorrere il flusso (*Creating Flow*)

Dopo aver definito il concetto di valore per il cliente e aver tracciato il flusso di valore per un particolare prodotto o servizio, nonché aver eliminato le attività identificate come Muda, il passo successivo consiste nel garantire il flusso ininterrotto delle attività che effettivamente generano valore.

Il pensiero snello rivoluziona il modo tradizionale di concepire il lavoro, in cui si ragiona per *Batch and Queue*[14,15], e superando la suddivisione classica in "lotti", "funzioni" e "uffici". Spesso, infatti, i compiti possono essere eseguiti in modo più efficiente quando il prodotto viene lavorato ininterrottamente dall'inizio alla fine, eliminando tempi morti, inattività ed errori tra le diverse fasi di produzione.

Per ottenere un flusso continuo, sono necessarie modifiche significative che trasformino rapidamente le attività produttive da un sistema basato su lotti e code a uno basato su un flusso ininterrotto. Questa trasformazione richiede una riconsiderazione dei principi su cui si basa la struttura aziendale, sia da un punto di vista organizzativo che da quello produttivo.

Dal punto di vista *organizzativo*, è necessario passare da una struttura basata su funzioni separate, che rischia di frammentare la visione in quanto la singola funzione tende a perseguire il proprio obiettivo, a un'organizzazione per processi, in cui le varie funzioni collaborano orizzontalmente tra loro al fine di creare valore per il cliente. In questo modo, inoltre, il personale può ricevere assistenza attraverso l'implementazione di tecniche di

[14] Cfr. Lean Enterprise Institute (2020, 2 luglio). *Batch-and-Queue*. Lean Enterprise Institute. www.lean.org/lexicon-terms/batch-and-queue

[15] Letteralmente "lotti sequenziati con accumuli intermedi" o più brevemente "lotti e code".

visual management[16], che includono l'utilizzo di schermi e indicatori, consentendo a chiunque sia coinvolto nel processo di monitorare facilmente lo stato di ciascuna attività.
Dal punto di vista *produttivo*, invece, l'approccio ideale per ottimizzare il flusso è rappresentato dalle celle di fabbricazione, ovvero aree della fabbrica in cui le macchine e le stazioni di lavoro sono disposte in modo da supportare una produzione fluida e sequenziale. In particolare, il prodotto viene realizzato all'interno di una singola cella, in cui le fasi produttive vengono eseguite utilizzando il principio del "*one-piece-flow*", traducibile in italiano come "flusso a pezzo singolo" o "flusso unitario". Questo significa che la produzione avviene con pezzi singoli che scorrono attraverso l'intero sistema di produzione senza accumulare giacenze o scorte intermedie. L'obiettivo del flusso a pezzo singolo è ridurre le scorte di processo, ossia eliminare l'accumulo di semilavorati tra le diverse fasi di lavorazione, e la sua adozione è di fondamentale importanza quando si utilizza la metodologia del Just-in-Time, in cui ogni pezzo deve essere disponibile nella quantità corretta, al momento opportuno e nel luogo appropriato.
Un risultato derivante dall'applicazione del one-piece-flow è la significativa riduzione del *lead time*, poiché vengono minimizzate le attività che non aggiungono valore, spesso corrispondenti ai tempi di movimentazione dei prodotti.

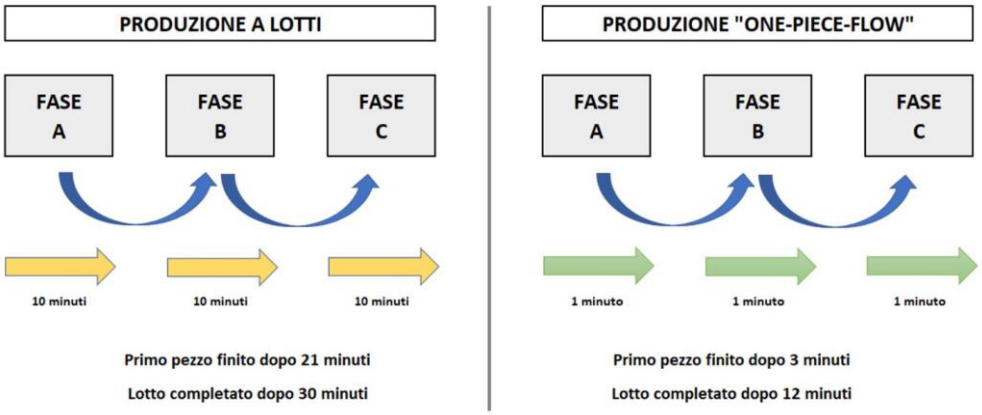

Figura 4: produzione a lotti confrontata con il one-piece-flow[17].

Il ritmo al quale la produzione deve procedere per rispondere alle richieste dei clienti, in modo che il flusso del valore si allinei alle loro effettive esigenze, è definito come *Takt Time*. Questo concetto è fondamentale per ottimizzare la capacità produttiva in modo da

[16] La pratica della "gestione a vista" consiste in una tecnica che si basa sull'idea di rendere visibili tutti i processi e le informazioni essenziali al corretto svolgimento delle attività, superando ogni potenziale ostacolo nel flusso lavorativo.
[17] BPR Group (2020, 1° aprile). *La 'Magia' Del One-Piece-Flow*. BPR Group. https://bprgroup.it/blog/la-magia-del-one-piece-flow-spiegata-dai-consulenti-di-bpr-group/

soddisfare la domanda senza accumulare un eccesso di inventario. In pratica, questo parametro rappresenta il tempo massimo consentito per elaborare un prodotto al fine di mantenere il passo con la domanda dei clienti.

Questi cambiamenti in termini di organizzazione e produzione possono rivelare differenze notevoli tra il tempo totale dedicato al processo e la somma dei tempi "a valore aggiunto", ovvero il tempo in cui vengono eseguite attività che contribuiscono effettivamente al valore del prodotto o del servizio[18].

Uno dei principali ostacoli per garantire un flusso regolare del lavoro è rappresentato dai colli di bottiglia che possono formarsi all'interno dei vari processi. È essenziale, quindi, concentrare l'attenzione sulle aree in cui il lavoro tende a bloccarsi, al fine di comprenderne le cause. Uno dei colli di bottiglia più comuni in qualsiasi processo riguarda le fasi di revisione, poiché spesso ci sono meno persone a esaminare il lavoro rispetto a quelle che lo iniziano, causando un accumulo di lavoro per i revisori. La mitigazione di questi colli di bottiglia è di importanza fondamentale per creare un flusso di lavoro costante e fluido, ma nel caso non sia possibile ridurli, è importante garantire che non ne siano introdotti altri. Un modo semplice per farlo è limitare la quantità di lavoro assegnato al team, stabilendo limiti *WIP*[19] accettabili per massimizzare l'efficienza.

2.1.4. Produzione "tirata" della domanda (*Establish Pull*)

Affinché le attività a valore aggiunto possano scorrere in modo continuo, è essenziale che siano "tirate" direttamente dal cliente. In caso contrario, il rischio che permane è quello di generare dei costi che non apportino valore, creando conseguentemente spreco.

Il quarto principio del pensiero snello implica quindi l'adozione di un sistema pull, in cui le attività sono avviate in risposta alle richieste del cliente, in contrapposizione al sistema push, in cui l'azienda spinge la produzione in modo indipendente dalle esigenze del cliente.

Nell'approccio tradizionale di tipo *push*, si cercano di anticipare i bisogni dei clienti attraverso previsioni di mercato, accumulando scorte e materie prime necessarie per la produzione. Sebbene questo metodo garantisca una disponibilità costante dei prodotti,

[18] Cfr. Leancompany (n.d.). *I principi del Lean Thinking*. Leancompany.it. https://www.leancompany.it/it/il-lean-negli-anni/i-principi-del-lean

[19] Il *WIP* (acronimo di "*Work in Progress*") rappresenta la quantità massima di lavoro che può essere in corso contemporaneamente in un determinato processo o flusso di lavoro.

può creare problemi di ottimizzazione dei costi e delle risorse. In caso di previsioni errate, si potrebbe accumulare un eccessivo inventario, causando una maggiore complessità operativa che si traduce in un aumento dei tempi di produzione (*lead time*) e dei tempi di consegna (*delivery time*[20]). Inoltre, questo approccio può generare inefficienze legate allo spazio di magazzino, ai movimenti delle merci e al lavoro dei dipendenti, contribuendo all'insorgere di diversi tipi di sprechi e quindi di Muda.

Nella filosofia del pensiero snello, l'approccio di tipo *pull* è migliore poiché permette di ridurre lo spreco in modo più efficace, pianificando la produzione solo in base agli ordini effettivamente ricevuti. Per poter essere definito pull, un sistema deve avere un lead time *inferiore* al delivery time. Questo tipo di gestione della domanda è preferibile dal momento che l'approccio push negli ultimi anni è diventato più rischioso, in quanto la domanda di mercato è diventata varia e imprevedibile, mentre in passato era più stabile. In un *pull system*, invece, dal momento che viene prodotto esclusivamente ciò che viene prima richiesto, le scorte non arrivano in magazzino fino a quando non viene effettuato un ordine, consentendo una notevole ottimizzazione in termini di spazio, tempo e costi e riducendo al minimo gli sprechi.

Per adottare un sistema di tipo pull le imprese che implementano la produzione snella utilizzano segnali visivi come il già accennato Kanban, che consente di agevolare la comunicazione tra vari reparti, fornitori e clienti, mediante l'utilizzo di segnali visivi che indicano quando iniziare, sospendere o rifornire la produzione.

2.1.5. Ricerca della perfezione (*Pursuing Perfection*)

L'ultimo principio del pensiero snello è la ricerca della perfezione. Per raggiungere questo obiettivo, l'azienda dovrà aver compiuto una trasformazione snella totale, ovvero dovrà aver definito accuratamente il valore, identificato e mappato l'intero flusso del valore, stabilito un flusso regolare in cui le attività scorrono senza interruzioni e garantito la soddisfazione delle richieste dei clienti fornendo la quantità adeguata di prodotti al momento opportuno[21]. Quando le tecniche del pensiero snello vengono applicate lungo tutto il flusso del valore, che rappresenta l'intero ciclo operativo da quando il cliente esprime un bisogno o una richiesta fino a quando riceve il prodotto o il servizio desiderato,

[20] Tempo che trascorre tra l'ordine del cliente e la sua consegna.

[21] Cfr. Adsum (2022, 17 gennaio). *Lean Thinking: cos'è e come diventare specialisti*. Adsum. https://adsum.it/lean-thinking-cose-e-come-diventare-specialisti/

diventa evidente che il processo di riduzione di tempi, spazi, costi ed errori diventa lungo ed oneroso anche se i risultati degli sforzi dell'azienda si avvicinano sempre di più alle aspettative del cliente. È fondamentale quindi comprendere che la perfezione deve essere considerata come un percorso e non come un punto d'arrivo. In altre parole, è qualcosa che ogni organizzazione dovrebbe costantemente cercare di raggiungere, poiché rappresenta uno stimolo per il miglioramento. Usando termini quantitativi, si può affermare che il miglioramento tende *asintoticamente* alla perfezione, simile a come una curva si avvicina asintoticamente a un valore limite senza mai raggiungerlo del tutto. Questo concetto richiama le parole di Taiichi Ohno, il quale sosteneva che "*il non avere un problema è il più grandi dei problemi*", ovvero che senza la presenza di problemi da risolvere, un'azienda non può progredire né migliorarsi.

Un'impresa, per raggiungere la perfezione, può adottare due approcci diversi per il miglioramento, il Kaikaku e, soprattutto, il Kaizen.

Con il termine *Kaikaku*, si fa riferimento a un approccio di miglioramento caratterizzato da cambiamenti improvvisi e radicali. Di solito, questo approccio è utilizzato in situazioni di emergenza in cui è necessario ottenere in breve tempo un cambiamento significativo, eliminando rapidamente gli sprechi e riportando la produzione verso i risultati desiderati[22].

Con il termine *Kaizen*, invece, si fa riferimento al principio del miglioramento graduale, che consiste in piccoli passi avanti compiuti quotidianamente da tutti i membri dell'organizzazione. Nel corso del tempo, l'effetto cumulativo di tutti questi piccoli cambiamenti diventa significativo, specialmente se tutte le persone, compresi i loro responsabili, si impegnano personalmente a seguire questa filosofia.

Per quanto sia difficile da raggiungere completamente, la perfezione offre una chiara direzione all'organizzazione per conseguire risultati ottimali, implicando un impegno costante nell'identificare e ridurre al massimo gli sprechi, le inefficienze e le attività non produttive dai suoi processi.

Quando si parla di spreco all'interno di un'azienda, è importante distinguere quale tipo di attività superflua si stia considerando. In una logica Lean, si possono identificare tre fonti di spreco, che prendono il nome di *Muda, Mura e Muri.*

[22] Cfr. Ora Consulting (n.d.). *Gli obiettivi della Lean Organization: creazione valore e lotta agli sprechi*. AlterVista. https://oraconsulting.altervista.org/blog/organizzazione/lean-organization/

2.2. Le 3M: Muda, Mura, Muri

Come visto precedentemente, l'obiettivo fondamentale della filosofia Lean riguarda l'eliminazione di tutto ciò che è inutile o superfluo in ogni sua manifestazione. Le attività ritenute superflue, che provocano un allungamento dei tempi di processo, possono essere classificate in modo chiaro utilizzando il concetto delle 3M, che comprende Muda (spreco), Mura (irregolarità) e Muri (sovraccarico).

Come brevemente accennato alla Sezione 1.2, il concetto di *Muda* rappresenta lo spreco nella sua forma più tangibile. Ogni azienda dovrebbe essere in grado di distinguere chiaramente tra le attività che aggiungono valore e quelle che sono superflue o prive di valore al fine di ridurre e, se possibile, eliminare queste inefficienze. Taiichi Ohno ha individuato sette tipi di Muda, come si mostrerà a breve, che includono l'attesa, il trasporto, la sovrapproduzione, le scorte eccessive, la movimentazione, i difetti e le operazioni ritenute "inutili" nel processo. Successivamente, in aggiunta a questi sprechi originali, J. P. Womack e D. T. Jones hanno teorizzato un ottavo tipo di spreco nella loro opera "*Lean Thinking*", identificandolo come la progettazione di beni e servizi che non rispondono alle esigenze dei clienti. Tale spreco si verifica quando un'azienda progetta, produce o offre prodotti o servizi che non rispondono alle aspettative o ai bisogni dei clienti, portando potenzialmente a insoddisfazione, resi, reclami e perdita di clientela. Womack e Jones hanno introdotto questo ottavo tipo di spreco per enfatizzare l'importanza di porre al centro delle attività aziendali le esigenze e le aspettative dei clienti. Oltre ai sette sprechi originali del TPS e all'ottavo elaborato dai due autori, c'è un ulteriore tipo di spreco che non dovrebbe essere sottovalutato: lo spreco del potenziale umano. Questo tipo di spreco si riferisce al fatto che spesso nelle organizzazioni non vengono sfruttate appieno le competenze, le idee e le capacità dei dipendenti. Per evitarlo, ogni organizzazione deve essere in grado di valorizzare e incentivare il proprio personale affinché possa contribuire pienamente alla realizzazione dei compiti assegnati.

Il concetto di *Mura* si riferisce allo spreco derivante dall'irregolarità ed è spesso considerato come l'origine principale di tutti gli sprechi, poiché può generare sia Muda che Muri. Si tratta delle variazioni impreviste che possono verificarsi in diverse fasi all'interno di un'organizzazione e lungo la catena di approvvigionamento, rappresentando situazioni non preventivate che possono causare un eccesso o una carenza di risorse essenziali per la produzione. Mura è un elemento difficilmente quantificabile che introduce un certo grado di incertezza, un aspetto che le organizzazioni cercano

costantemente di eliminare. Riconoscere l'esistenza di Mura è fondamentale per determinare il layout della struttura, nonché per comprendere e migliorare sia le capacità di previsione a lungo termine che i processi a breve termine di un'organizzazione.
Il termine *Muri* si riferisce all'idea di un eccesso di lavoro o sovraccarico di materiale. Questo fenomeno si verifica quando la domanda supera la capacità di produzione, provocando un aumento delle scorte. Le implicazioni di questo concetto diventano talvolta evidenti quando si esaminano le strutture aziendali e i processi di assemblaggio e produzione, poiché un carico di lavoro eccessivo imposto a un sistema può portare a problemi tecnici o a un aumento dei prodotti difettosi. Inoltre, la combinazione di un carico di lavoro eccessivo e di modifiche impreviste può portare a circostanze in cui si creano costosi colli di bottiglia all'interno di un'organizzazione. L'implementazione di procedure standardizzate può contribuire a mitigare questi scenari di sovraccarico, realizzando sistemi per distribuire uniformemente i carichi di lavoro ed evitando così di sovraccaricare sia il personale che i macchinari.
Tornando ai sette tipi di sprechi individuati da Taiichi Ohno e identificati con l'acronimo *TIMWOOD*, iniziamo ora la loro identificazione a partire dal primo, ovvero il trasporto.

2.2.1. Il Trasporto (*Transport*)

Lo spreco derivante dal trasporto di beni comprende tutte le attività che implicano lo spostamento di materiale da un luogo o da un reparto all'altro. Ciò è considerato uno spreco poiché il trasporto non apporta valore ma piuttosto consuma risorse e può provocare danni e difetti nel prodotto. Pertanto, è fondamentale ridurre al minimo possibile questa forma di spreco. Dopo aver individuato i trasporti necessari, ovvero quelli che non possono essere eliminati, è importante esaminare attentamente le cause per cui siano così indispensabili e cercare di ridurre al minimo eventuali limitazioni presenti. Esistono diverse tattiche efficaci per contrastare gli sprechi generati dai trasporti, come ideare una linea di produzione a forma di "U"[23], ottimizzare il flusso tra i processi e regolamentare l'eccessiva produzione di articoli WIP (*vedasi nota 19*).

[23] Detta anche *U-shaped cell*, questa configurazione di produzione dispone macchine, postazioni di lavoro o operatori in una forma a "U". Questa disposizione efficiente delle stazioni di lavoro migliora l'efficienza e la fluidità del flusso di lavoro, riducendo al minimo le distanze.

2.2.2. Le Scorte (*Inventary*)

Considerare come uno spreco l'eccesso di inventario può risultare complesso, in quanto sebbene possa sembrare che il materiale immagazzinato non comporti immediatamente costi visibili, è importante riconoscere che rappresenta un capitale immobilizzato, vale a dire che qualcuno ha investito risorse nella sua acquisizione, produzione e gestione, il che comporta costi finanziari. Oltre a ciò, anche la superficie e il volume occupati dalle scorte rappresentano ulteriori costi aggiuntivi. L'inventario inoltre è suscettibile a diversi rischi come il deterioramento, l'obsolescenza o la perdita delle sue qualità intrinseche, oltre al rischio presente per la merce di diventare un prodotto inutile da smaltire senza aver generato alcun valore. L'eccesso di inventario può derivare da acquisti eccessivi, da una produzione troppo elevata di prodotti WIP o dalla creazione di più prodotti rispetto alle effettive esigenze del cliente. Inoltre, un surplus di scorte ostacola l'identificazione tempestiva dei problemi legati alla produzione poiché i difetti possono accumularsi prima di essere scoperti, rendendo necessario un maggiore sforzo per correggerli. Per mitigare questo Muda, diventa cruciale pianificare attentamente la produzione sfruttando il *JIT* al fine di minimizzare il livello di inventario tra le diverse fasi del processo e, di conseguenza, ridurre al minimo il capitale immobilizzato.

2.2.3. Il Movimento (*Motion*)

I rifiuti derivanti dal movimento delle persone sono spesso evidenti in ambienti aziendali poco efficienti, in cui i dipendenti si trovano a dover compiere spostamenti superflui alla ricerca di materiali o per organizzare le proprie postazioni di lavoro, compiendo azioni che potrebbero essere facilmente evitate. Queste attività rappresentano una forma di spreco in quanto, nella stragrande maggioranza dei casi, non apportano alcun valore aggiunto al prodotto o al servizio, e quindi non costituiscono un elemento per cui il cliente sarebbe disposto a pagare. Inoltre, possono avere un impatto negativo sulla produttività e sull'efficienza complessiva di un'azienda, assorbendo tempo ed energia che potrebbero essere utilizzati in attività più significative e redditizie.

Diventa molto importante porre un'attenzione costante sulla disposizione dei macchinari e del personale all'interno dell'azienda, poiché una disposizione disorganizzata può non solo causare perdite di tempo, ma anche rappresentare una minaccia per la sicurezza dei lavoratori. Ecco perché è importante valutare e ottimizzare le attività che comportano

lunghi spostamenti al fine di migliorare le condizioni di lavoro dei dipendenti e aumentare i livelli di sicurezza e benessere sul posto di lavoro. Per raggiungere questo obiettivo, è essenziale monitorare adeguatamente gli spostamenti degli operatori durante il loro turno di lavoro all'interno dell'azienda, ad esempio attraverso l'utilizzo di una *Spaghetti Chart*[24,25], al fine di quantificare il tempo sprecato in produzione e di identificare opportunità per ottimizzare la disposizione degli spazi e dei movimenti.
Ridurre al minimo gli spostamenti durante la produzione e riuscire a comprendere il valore che comporta questa riduzione può contribuire a migliorare l'efficienza complessiva, aumentando così in modo significativo la produttività aziendale.

2.2.4. L'Attesa (*Waiting*)

In termini di prestazioni produttive, l'attesa consiste in un grave spreco di risorse, che si manifesta come un'interruzione del processo dovuta a carenza di materiali, informazioni o manodopera.
Ogni volta che i dipendenti o le macchine rimangono fermi, si verifica una perdita di valore diretta per l'organizzazione, in quanto il costo di quel tempo perso va a eroderne i profitti. Questo tempo sprecato richiede poi costosi straordinari per essere recuperato, comportando per l'organizzazione un'ulteriore riduzione della redditività marginale.
Si considera spreco ogni periodo d'attesa che eccede il tempo strettamente necessario nel processo di produzione di un prodotto o servizio, e può essere identificato come la differenza tra il tempo richiesto per il flusso produttivo di un bene o servizio e il suo effettivo tempo di esecuzione.
Questi prolungati tempi d'attesa possono essere generati dall'assenza di coordinamento tra i processi produttivi, poiché uno squilibrio tra le diverse fasi del processo può costringere i lavoratori a rimanere inattivi, attendendo che una macchina completi il suo ciclo prima di poter proseguire con un'altra attività. Inoltre, la sovrapproduzione e l'eccesso di inventario possono anch'essi generare attese inutili, poiché richiedono l'immagazzinamento e il trasferimento del materiale da un luogo all'altro all'interno dello stabilimento.

---

[24] Cfr. Hohmann, C. (2016, 16 gennaio). *What Is a Spaghetti Diagram?* WordPress. https://hohmannchris.wordpress.com/2016/01/16/what-is-a-spaghetti-diagram/
[25] Strumento che consente di visualizzare una serie di dati correlati a ciascuna procedura associata ai flussi, al trasporto e al layout all'interno di un'azienda.

Per ridurre al minimo questi sprechi e consentire all'azienda di operare senza interruzioni, è necessario sviluppare una strategia ottimale di pianificazione delle attività produttive al fine di eliminare eventuali ritardi inutili nel normale processo produttivo.

2.2.5. La Sovrapproduzione (*Overproduction*)

La sovraproduzione è frequente nella tradizionale produzione a lotti, ma dal punto di vista della filosofia Lean rappresenta uno spreco. La sovrapproduzione può essere considerata come il più pericoloso tra i sette Muda, poiché spesso è la causa principale degli altri tipi di spreco.

Questo tipo di inefficienza comporta notevoli costi, sia a causa dello spreco di risorse e materiali, sia perché genera ulteriori sprechi altrettanto onerosi. Un'eccessiva produzione porta con sé, infatti, una serie di costi aggiuntivi, tra cui quelli legati alla manodopera, ai materiali, alle attrezzature, all'imballaggio, al trasporto, ai difetti, alla gestione della logistica per lo stoccaggio e alle eventuali problematiche di deperibilità e obsolescenza.

La sovrapproduzione è frequentemente dovuta ai lunghi tempi necessari per configurare i macchinari, poiché richiedono molto tempo per essere impostati e ottenere prestazioni ottimali. Di conseguenza, molto spesso non c'è altra scelta se non quella di produrre in grandi quantità per compensare il tempo impiegato per il setup.

Inoltre, sia un'eccessiva apprensione che un eccessivo ottimismo possono provocare problemi di sovrapproduzione. Analogamente alla gestione delle scorte, in cui si accumulano materiali in eccesso per timore di ritardi da parte dei fornitori, nella produzione si possono pianificare quantità di scarti superiori a quelli effettivamente necessari, portando a una produzione eccessiva e, di conseguenza, a sprechi. In parallelo, l'ottimismo eccessivo può spingere le aziende a produrre più del necessario nella speranza di piazzare tutti i materiali sul mercato.

Un'ultima causa che può portare a una produzione eccessiva di materiali, contribuendo così al fenomeno del Muda, è l'errato utilizzo di software aziendali, come i sistemi di pianificazione delle risorse aziendali (ERP) o i sistemi di esecuzione della produzione (MES)[26]. Questi strumenti, se non configurati o gestiti correttamente, possono generare dati inaccurati o pianificazioni inefficienti, portando a una sovrapproduzione non necessaria. Inoltre, se il personale non è adeguatamente addestrato nell'uso di questi

[26] Cfr. DOEE Consulting (n.d.). *MUDA: I 7+1 SPRECHI DELLA PRODUZIONE LEAN*. DOEE Consulting. https://www.doeeconsulting.it/muda-sprechi-produzione-lean.aspx

software, il problema può peggiorare. È quindi fondamentale gestire attentamente e utilizzare con cura queste risorse digitali per ottimizzare i processi produttivi.
Per evitare la sovrapproduzione, è importante porre una forte enfasi sulla pianificazione, anche a costo di non cercare una piena occupazione delle risorse. Oltre a ciò, l'investimento in infrastrutture e nella struttura organizzativa diventa cruciale per orientare la produzione verso un massimo grado di flessibilità.
Esistono inoltre diverse contromisure efficaci per contrastare questo Muda, come l'adozione del Takt Time in modo da assicurare un ritmo di produzione uniforme, la riduzione dei tempi di setup al fine di implementare la tecnica del one-piece-flow (vista al Paragrafo 2.1.3), e l'impiego di un sistema Kanban in grado di monitorare e controllare la quantità di lavoro in corso.

2.2.6. La Sovraelaborazione (*Overprocessing*)

La sovraelaborazione, nota anche come elaborazione eccessiva, si verifica quando si effettua un lavoro supplementare, si aggiungono componenti extra o si eseguono ulteriori passaggi in un prodotto o servizio al di là di ciò che il cliente è disposto a pagare, comportando una perdita di tempo e risorse finanziarie.
Per evitare di cadere in queste situazioni, è di vitale importanza condurre un monitoraggio costante e in tempo reale dell'intero processo produttivo e intervenire prontamente quando si rilevano problemi.
Nella maggior parte delle aziende tradizionali, uno dei principali esempi di *overprocessing* è quello legato all'utilizzo di grandi macchinari in grado di eseguire rapidamente ogni tipo di operazione. Questi macchinari, sebbene efficienti, possono comportare complicazioni e ritardi dal momento che ogni flusso di processo deve passare attraverso di essi, creando così colli di bottiglia. Al contrario, nella filosofia Lean, si promuove l'impiego di macchine di dimensioni ridotte e specializzate, in modo da intervenire solo quando necessario, evitando interruzioni nel flusso di lavoro e mantenendo un'efficienza costante.
Per affrontare efficacemente il problema della lavorazione eccessiva, è essenziale mantenere una chiara focalizzazione su ciò che crea valore per il cliente, in modo da soddisfare le sue esigenze producendo esattamente ciò che si aspetta, sia in termini di qualità che di quantità, ed evitando al contempo qualsiasi elaborazione superflua.

2.2.7. I Difetti (*Defects*)

I difetti si manifestano quando un prodotto non soddisfa le specifiche richieste e, di conseguenza, non risulta adatto all'uso previsto. Questa situazione di solito implica la necessità di rielaborare il prodotto o, in situazioni più gravi, può portare alla generazione di scarti di produzione. Entrambi questi risultati sono considerati sprechi poiché comportano costi aggiuntivi alle operazioni senza apportare alcun valore aggiunto al cliente, e, pertanto, la gestione efficace dei difetti è cruciale per minimizzare i Muda e migliorare l'efficienza dei processi produttivi.

Spesso, la comparsa di difetti nella produzione può essere attribuita alle prestazioni insufficienti dei macchinari o a una configurazione inadeguata degli stessi, così come alle variazioni nella lavorazione tra operatori diversi, specialmente in assenza di linee guida chiare. Nelle aziende tradizionali, la probabilità che si verifichino difetti è ancora maggiore a causa della preferenza prevalente nel dare priorità alla quantità rispetto alla qualità del prodotto, a differenza delle aziende snelle. Di fronte a tali circostanze, le aziende tendono a produrre beni in grandi quantità e a un ritmo rapido, ignorando inavvertitamente i potenziali difetti che potrebbero verificarsi nei prodotti destinati ai clienti. Di conseguenza, ciò si traduce in un rischio amplificato che i clienti restituiscano la merce, influenzando negativamente la reputazione dell'azienda e aumentandone i costi.

Per massimizzare la qualità e l'affidabilità dei prodotti, è importante condurre un'analisi dettagliata di ciascuno di essi coinvolgendo tutte le parti interessate e, se necessario, anche enti esterni, al fine di ridurre al minimo difetti e sprechi durante la produzione.

2.3. La "Casa" della Lean

Nel contesto della filosofia Lean, la metafora della "casa" rappresenta un modello concettuale fondamentale per comprendere e applicare i principi del pensiero snello all'interno delle organizzazioni. Questa "casa" simbolica è composta da una struttura solida composta da fondamenta, pilastri e un tetto, ciascuno dei quali rappresenta un aspetto chiave dell'approccio Lean.

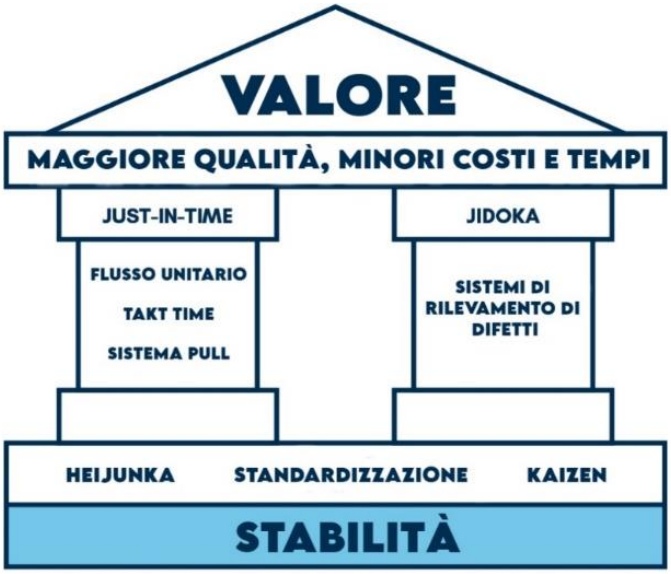

Figura 5: Toyota Production System "House" o *Casa della Lean*.

Proprio come una casa ha bisogno di solide fondamenta per sostenere l'intera struttura, il processo Lean per creare una base stabile da cui partire si basa su principi chiave quali *Heijunka*, che consente di regolare la produzione, *lavoro standardizzato*, una pratica volta a stabilire procedure e processi standard, e *Kaizen*, la filosofia del miglioramento continuo. Questi elementi, come le fondamenta di un edificio, svolgono un ruolo cruciale nel garantire la solidità e la coerenza del pensiero snello all'interno di un'organizzazione.

Successivamente vengono delineati i pilastri centrali della filosofia Lean, i quali, come supporti solidi, sostengono l'intera struttura e guidano le organizzazioni nel raggiungimento dei loro obiettivi. Questi pilastri includono il *Just-in-Time*, che mira a fornire prodotti o servizi esattamente quando sono richiesti, e il *Jidoka*, che promuove la qualità e la sicurezza attraverso la rilevazione e la correzione automatica dei problemi.

Come visto in precedenza alla Sezione 2.2 e nei successivi paragrafi, il JIT consente di rimuovere i sette Muda attraverso l'utilizzo di vari strumenti. Tra questi, il flusso a pezzo singolo emerge come una metodologia che agevola il mantenimento di un flusso di lavoro continuo e privo di interruzioni. Inoltre, il Takt Time è un altro importante strumento che consente di ottimizzare i tempi di produzione in modo da soddisfare le esigenze dei clienti. Infine, l'implementazione di un sistema pull è fondamentale in quanto avvia nuovi processi solamente quando esiste una reale richiesta da parte dei consumatori.

L'altro pilastro è rappresentato dal Jidoka, concetto identificabile come "automazione con tocco umano", che consente il rilevamento automatico di difetti o anomalie nei processi di produzione. Quando viene individuato un difetto, il processo si arresta automaticamente

o viene messo temporaneamente in pausa per prevenire ulteriori accumuli di difetti o la consegna di prodotti difettosi ai clienti.
Il tetto, per concludere, simboleggia l'obiettivo fondamentale dell'organizzazione, che è quello di produrre prodotti della massima qualità con il minor costo e nel minor tempo possibile. L'obiettivo primario di ogni organizzazione orientata alla Lean, come già accennato, deve essere la creazione di valore per il cliente, poiché soddisfacendo appieno le esigenze dei clienti, le aziende possono guadagnare un significativo vantaggio competitivo rispetto ai loro concorrenti.
Iniziamo ora con l'introduzione del primo dei pilastri della filosofia Lean, un concetto già dettagliato al Paragrafo 2.1.3 e che ora merita un approfondimento, ovvero il *Just-in-Time*.

2.3.1. Just-in-Time

Il primo pilastro della *Lean House* è il Just-in-Time, traducibile come "appena in tempo", una strategia di produzione inizialmente concepita per ottimizzare l'efficienza delle aziende manifatturiere. Essa mira a ridurre i costi eliminando la necessità di grandi scorte di materiale, il che a sua volta conduce a una diminuzione dei costi di trasporto complessivi, consentendo all'azienda di operare in modo più agile ed economico. Il JIT si propone di raggiungere due obiettivi principali, ovvero la gestione efficiente delle risorse e la minimizzazione degli sprechi. Questa filosofia prevede la produzione esclusivamente di ciò che è necessario, nella quantità richiesta e al momento in cui serve, con l'intento di ridurre qualsiasi possibile spreco derivante dall'accumulo e dalla gestione di scorte e materiali e dalla produzione eccessiva. In questo modo, il JIT evita non solo gli sprechi, ma anche i costi associati al mantenimento di ingenti quantità di materiali o prodotti finiti in magazzino.
L'idea alla base del Just-in-Time è che un inventario ridotto possa contribuire a rivelare e prevenire i problemi di produzione in modo tempestivo, rispetto ai casi in cui sono presenti grandi scorte, in cui i difetti spesso emergono solo più tardi nel processo poiché risultano nascosti dall'accumulo di materiale. Questo implica che le imprese non solo sono incentivate a richiedere meno scorte, ma anche a generare meno scorte[27]. Il sistema di gestione del Just-in-Time si oppone al modello tradizionale in cui i beni vengono prodotti e inviati al magazzino, rimanendo in attesa di essere venduti. In contrasto con questo

[27] L'obiettivo del Just-in-time è quello di generare "zero scorte".

approccio, la filosofia del JIT mira a evitare situazioni in cui la produzione supera la domanda effettiva. Questo passaggio rappresenta una transizione da una logica tradizionale di spinta push a una logica di richiesta pull.

Nella logica *push*, la produzione avviene in base a previsioni di domanda o pianificazioni tramite l'utilizzo di sistemi di gestione *MRP*[28,29], spingendo i prodotti nel magazzino. Tuttavia, questo può portare a sovrapproduzione e accumulo di scorte non necessarie.

La logica *pull*, promossa dal Just-in-Time, come abbiamo già avuto modo di vedere opera in modo inverso. In questo caso, la produzione inizia solo quando c'è una richiesta effettiva da parte del cliente. In altre parole, i prodotti vengono "tirati" dal mercato o dalla domanda del cliente a valle anziché essere spinti dal processo produttivo a monte. Questo approccio consente di evitare la sovrapproduzione, di ridurre gli sprechi e di garantire che i prodotti siano realizzati solo quando sono richiesti, contribuendo così a ottimizzare l'efficienza e a ridurre i costi.

Per implementare con successo le logiche di tipo pull uno strumento fondamentale è rappresentato dal *Kanban*. Questo sistema si basa sulla logica di utilizzare un "cartellino" o un segnale visivo per avviare una richiesta di produzione o di rifornimento a un processo produttivo situato a monte, consentendo di evitare la sovrapproduzione e di far circolare solo le informazioni essenziali all'interno dell'azienda per realizzare la produzione in modo efficiente.

Nella pratica, il *Kanban* funziona come un sistema di controllo delle scorte. Quando un livello di inventario scende al di sotto di una soglia prestabilita, il Kanban viene attivato, indicando la necessità di produrre o rifornire i materiali. Questo processo aiuta a mantenere bassi livelli di inventario, a produrre solo ciò che è necessario in risposta alla domanda effettiva e a evitare sprechi, il tutto nel rispetto dei principi del Just-in-Time.

Lo *SMED*, abbreviazione di *Single-Minute Exchange of Die*, può contribuire a migliorare ulteriormente questo processo riducendo significativamente i tempi di cambio[30]. Questa metodologia mira a ridurre significativamente il tempo necessario per cambiare attrezzature o configurare le macchine di produzione, aumentando così la produttività e

---

[28] Cfr. Aspillera, M. (2015, 14 luglio). *MRP and Kanban: Push Vs. Pull Manufacturing*. Business-Software.com. https://www.business-software.com/blog/mrp-and-kanban-push-vs-pull-manufacturing/

[29] Acronimo di "*Material Requirements Planning*" e traducibile come "Pianificazione del fabbisogno di materiali".

[30] Cfr. Da Silva, Í. B., & Filho, M. G. (2019). *Single-minute Exchange of Die (SMED): A State-of-the-art Literature Review*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102 (9–12), pp. 4289–4307. https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w

riducendo i costi nel processo produttivo. Nell'approccio SMED si individuano due categorie di attività[31]:

- *IED* (*Inside Exchange of Die*), o attività interne, rappresentano tutte le operazioni che per essere svolte richiedono l'arresto della macchina o la pausa delle attività di produzione;
- *OED* (*Outside Exchange of Die*), o attività esterne, comprendono tutte le operazioni che possono essere eseguite mentre la macchina è in funzione;

Questo approccio di suddivisione delle attività in interne ed esterne consente di identificare e ottimizzare il processo di cambio, cercando di spostare il maggior numero possibile di attività dalla categoria interna a quella esterna al fine di ridurre i tempi morti[32]. Inoltre, questo approccio consente all'azienda di effettuare una transizione più rapida tra diversi prodotti, agevolando così la produzione su richiesta e riducendo la dipendenza da grandi scorte, in sintonia con il principio del Just-in-Time.

In un sistema pull, abbiamo esaminato come la richiesta del mercato sia spinta dall'acquirente, e il ritmo al quale i prodotti dovrebbero essere fabbricati per soddisfare questa domanda è conosciuto come *Takt Time*. Questo concetto può essere paragonato al *battito cardiaco* di un sistema che abbraccia la filosofia Lean. Questo valore numerico assume una notevole importanza in quanto fornisce alle organizzazioni un indicatore del tempo massimo a disposizione per produrre un singolo prodotto o fornire un servizio, al fine di rispondere in modo adeguato alle richieste dei propri clienti. Conoscere e ottimizzare questo parametro permette alle aziende di migliorare la sinergia tra il tempo a disposizione e la produzione, e consente loro di evitare di prendere decisioni improvvisate o applicare approcci basati su intuizioni. Inoltre, agevola il mantenimento di un flusso di lavoro efficiente e costante, minimizza i potenziali difetti e previene la sovrapproduzione, con conseguenti vantaggi nella riduzione dei costi associati allo stoccaggio.

Per determinare il Takt Time, è necessario calcolare il rapporto tra il tempo effettivamente dedicato al lavoro (escludendo pause e turni di riposo) e la domanda espressa dai clienti.

---

[31] Cfr. Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED System*. CRC Press.

[32] Cfr. Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. C. O. (2018). *A structural literature review of the single minute exchange of DIE: the Latest Trends*. Procedia Manufacturing, 17, pp. 783–790. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ di\ lavoro\ disponibile}{Domanda\ dei\ clienti}$$

Va sottolineata l'importanza di distinguere questo indicatore da altri due parametri altrettanto significativi nella filosofia Lean, ovvero il *lead time* e il *cycle time*. Il lead time rappresenta il periodo di tempo compreso tra la ricezione di un ordine e la consegna del prodotto o servizio al cliente, mentre il cycle time indica il tempo effettivamente impiegato per completare un'intera attività, senza considerare i ritardi dovuti a tempi di attesa, tempi di inattività o altre pause durante il processo. Mettendo in relazione il tempo di ciclo con il Takt Time, è possibile ottenere un altro importante indicatore, ovvero il numero di lavoratori necessari per completare efficacemente un particolare processo produttivo.

$$Numero\ di\ lavoratori = \frac{Cycle\ Time}{Takt\ Time}$$

Il ritmo di produzione rappresentato dal Takt Time è più facilmente raggiungibile grazie all'adozione del *one-piece-flow*, ultimo elemento che contraddistingue il Just-in-Time. Questo concetto indica che la produzione avvenga "un pezzo alla volta", ovvero, come dettagliato al Paragrafo 2.1.3., ogni pezzo o prodotto viene elaborato fase per fase all'interno di una cella o di un reparto, seguendo un processo di produzione o assemblaggio continuo. Quando un'organizzazione implementa il one-piece-flow, il processo è configurato in modo che ogni pezzo venga prodotto esattamente al ritmo del Takt Time, creando un allineamento perfetto tra la produzione e la domanda dei clienti, senza sovrapproduzione o sottoproduzione.

Inoltre, una linea di produzione a flusso unitario può essere rapidamente adattata in modo che sia possibile assemblare in sequenza prodotti diversi, sia in piccole che in grandi quantità. Una tattica ampiamente utilizzata nell'implementazione di una linea di produzione a flusso continuo è l'adozione di una cella di montaggio dalla forma a "U", in cui sia l'inserimento che l'estrazione dei componenti avvengono sullo stesso lato, mentre il movimento dei materiali avviene all'esterno della cella, garantendo agli operatori uno spazio adeguato all'interno. Adottando una configurazione *U-shaped cell* (*vedasi nota 23*), gli operatori possono ridurre al minimo gli spostamenti per muoversi da un'attività all'altra, riducendo il tempo speso e aumentando l'efficienza complessiva. Inoltre, la vicinanza fisica tra le attività di produzione permette un controllo più rigoroso sulla qualità, in quanto gli operatori possono effettuare ispezioni visive o verifiche di qualità in

modo immediato durante il processo, contribuendo a rilevare e prevenire difetti precocemente. Seguendo il principio del one-piece-flow, si conseguono significative riduzioni nei tempi di lavorazione e nei tempi necessari per il setup delle attrezzature, con conseguente diminuzione delle scorte in produzione e garantendo un monitoraggio continuo del flusso dei materiali. Il flusso a pezzo singolo consente anche di migliorare notevolmente la qualità dei prodotti, in quanto la produzione di un pezzo alla volta facilita il rilevamento tempestivo di difetti o problemi di qualità. Inoltre, in linea con la filosofia del Just-in-Time, il one-piece flow rende il processo di produzione più flessibile e reattivo ai cambiamenti nella domanda dei clienti o alle variazioni nelle specifiche del prodotto.

2.3.2. Jidoka

Dopo aver analizzato il primo pilastro della filosofia Lean, ci occuperemo ora del secondo pilastro, ovvero il *Jidoka*. Questo concetto, traducibile come "automazione con tocco umano" o più semplicemente come "automazione", si applica a tutti quei processi di produzione in grado di rilevare autonomamente anomalie o problemi. Una volta individuati, il sistema si ferma automaticamente, richiedendo l'intervento umano per la loro risoluzione. Lo scopo di avere macchinari progettati a rilevare autonomamente gli errori è quello di ridurre la dipendenza di una supervisione continua da parte degli operatori e di creare una separazione efficace tra macchine e persone. Questo permette ai lavoratori di gestire simultaneamente più stazioni produttive, contribuendo così all'aumento complessivo della capacità produttiva.

L'origine di questo concetto può essere rintracciata nel telaio automatizzato ideato da Sakichi Toyoda alla fine del XIX secolo[33]. All'interno di questo telaio, era integrato un meccanismo che poteva individuare la rottura di un filo e, in risposta, arrestava prontamente la macchina, segnalando l'anomalia per prevenire la produzione di difetti in serie. In un secondo momento, l'operatore responsabile del telaio doveva intervenire per risolvere la situazione e riprendere il normale flusso produttivo.

Lo scopo del Jidoka è quindi quello di creare un sistema in grado di eliminare qualsiasi tipo di errore o difetto e promuovere la qualità come parte integrante del processo produttivo. Tuttavia, per poter essere implementato efficacemente, è importante considerare anche il *Total Productive Maintenance* (TPM), una filosofia di gestione della

[33] Cfr. Considi (2016, 24 febbraio). *Le origini del TPS*. Considi. https://www.considi.it/le-origini-del-tps/

manutenzione che si concentra sulla massimizzazione della disponibilità delle attrezzature, sulla riduzione dei tempi di inattività e sulla prevenzione dei guasti attraverso la manutenzione preventiva. Il collegamento tra Jidoka e TPM si basa sulla consapevolezza che la manutenzione delle apparecchiature è fondamentale per evitare problemi e garantire una produzione regolare e senza intoppi. Nel contesto del Jidoka, il TPM diventa fondamentale per mantenere le macchine in un ottimale stato funzionale, riducendo così al minimo la probabilità di difetti causati da malfunzionamenti meccanici. Quando integrati in modo sinergico, Jidoka e TPM creano un ambiente di produzione in cui la qualità è prioritaria e la gestione della manutenzione da parte degli operatori è proattiva.

Affinché il Jidoka possa operare efficacemente, è necessaria non solo la presenza di macchine che siano in grado di interrompersi al minimo segnale di problematiche, ma anche di operatori altamente competenti e adeguatamente formati, in grado di analizzare le cause alla radice dei problemi e attuare le appropriate misure correttive per prevenirne la ricorrenza. A tale scopo, esistono due strumenti essenziali che agevolano l'implementazione del Jidoka fornendo indicazioni chiare, migliorando la comprensione degli operatori riguardo ai processi e agevolando un'analisi dettagliata dei problemi e delle loro origini: i documenti *OPLs* (*One Point Lessons*) e le schede *CEDAC* (*Cause and Effect Diagram with the Addition of Cards*).

Gli *OPLs* sono strumenti utilizzati per fornire, attraverso brevi lezioni, istruzione e formazione a uno o più operatori riguardo ad un aspetto specifico o a una procedura critica. Questi possono includere suggerimenti su come riconoscere comportamenti anomali o problemi durante il processo e come correggerli.

Le schede *CEDAC* sono un modo strutturato per raccogliere dati e informazioni sui problemi di produzione, identificare le cause radicate e pianificare azioni correttive. Questo strumento inizia collocando il problema al centro di un diagramma e si estende attraverso l'aggiunta di "carte" che rappresentano possibili cause o fattori. Il team, che può variare in base alla natura del problema o del processo che si sta affrontando[34], analizza queste cause, suddividendole in sotto-cause se necessario, per identificare le radici del problema. Oltre alle cause del problema, ne sono indicati anche gli effetti al fine di fornire

[34] Con "team" in questo contesto si intende un gruppo di persone che potrebbe includere professionisti o esperti con competenze pertinenti per affrontare il problema in questione. Potrebbe coinvolgere, ad esempio, persone provenienti da diverse funzioni aziendali o dipartimenti, come produzione, qualità, ingegneria e altri settori rilevanti.

una visione completa del contesto. Una volta individuate le cause principali, il team pianifica azioni correttive mirate per prevenire il ripetersi del problema, promuovendo così un miglioramento continuo nel processo produttivo.

Un altro strumento rilevante nella risoluzione dei problemi all'interno del Jidoka è la tecnica dei "*Cinque Perché*", un'ulteriore metodologia utile a identificare le cause dietro i problemi o gli errori[35].

Questa tecnica è molto semplice e consiste nell'adottare un approccio iterativo di approfondimento in cui si tracciano le relazioni tra causa ed effetto attraverso una serie di domande "Perché?" che vengono ripetute almeno cinque volte. Quando si raggiunge il punto in cui non è più possibile rispondere alle domande successive, si può considerare la causa principale come individuata con successo. È molto importante che l'analisi delle cause venga condotta da un team di persone che abbia una conoscenza approfondita delle specificità del problema in questione e del processo che si sta cercando di risolvere, in modo da costruire una catena causale accurata e di arrivare alla radice del problema in modo efficace. Questa metodologia non solo aiuta a individuare le cause profonde dei problemi, ma incoraggia anche il pensiero critico, l'analisi dettagliata e la creatività nel trovare soluzioni, favorendo una crescente autonomia tra l'uomo e la macchina.

Durante l'implementazione di un sistema Jidoka, è fondamentale disporre non solo di sistemi in grado di rilevare i problemi e le loro cause, ma anche di sistemi in grado di prevenirli. In questo contesto, il concetto di *Poka Yoke*, traducibile come "a prova di errore", assume un'importanza fondamentale poiché si propone di rilevare o prevenire proattivamente gli errori nelle prime fasi del processo, attirando l'attenzione su di essi o rendendoli difficili da commettere. Questo approccio proattivo migliora notevolmente la capacità del sistema di anticipare gli errori e garantisce un livello di qualità più elevato nel prodotto finale.

Il Poka Yoke rappresenta quindi un prezioso strumento per perseguire l'obiettivo del "zero difetti", intervenendo sia nella prevenzione che nell'individuazione degli errori umani, nonché nell'impedire la loro diffusione nei processi di produzione o di lavoro. Questo approccio si avvale di tre meccanismi fondamentali per garantire la prevenzione degli errori e l'incremento della qualità e dell'affidabilità dei processi: uno di rilevamento, uno di regolazione e uno di intervento.

---

[35] Cfr. Serrat, O. (2017). *The Five Whys Technique*. Springer eBooks, pp. 307–310. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_32

Per quanto riguarda il meccanismo di rilevamento, vengono utilizzati sensori, indicatori visivi o sistemi automatizzati per riconoscere qualsiasi deviazione o errore nel processo, assicurando una tempestiva identificazione delle anomalie. Il meccanismo di regolazione, invece, si concentra sulla progettazione di componenti o procedure in modo tale da rendere complicato o addirittura impossibile commettere errori. Questo approccio, per esempio, agevola l'assemblaggio corretto e previene l'utilizzo scorretto delle parti. Infine, il meccanismo di intervento entra in gioco solamente nel momento in cui viene individuato un errore, mettendo in atto azioni correttive immediate allo scopo di prevenire la trasformazione dell'errore in un difetto o in un problema di maggiore gravità. Questo può comportare l'arresto automatico del processo o la generazione di segnali di allarme al fine di richiedere l'intervento umano.

Nell'ambito di un approccio Lean, l'implementazione del Poka Yoke, oltre a prevenire i difetti aiuta a ridurre al minimo la necessità di controlli di qualità costosi e dispendiosi in termini di tempo, contribuendo in tal modo a ottimizzare l'efficienza operativa. Inoltre, questa metodologia si dimostra un valido alleato nel promuovere la sicurezza sul luogo di lavoro, poiché è in grado di prevenire errori potenzialmente pericolosi che possono portare a incidenti o danni.

Un ulteriore elemento fondamentale nell'approccio Jidoka sono i cosiddetti *segnali Andon*, che consistono in sistemi visivi impiegati per segnalare tempestivamente qualsiasi anomalia, inconveniente o errore verificatosi durante un processo produttivo o lavorativo. Nell'ambito del Jidoka, il segnale Andon assume un ruolo fondamentale nella pronta individuazione degli errori. Quando si verificano anomalie o errori, gli operatori o il sistema stesso attivano il segnale Andon, che avvisa istantaneamente i responsabili del processo attraverso l'illuminazione di luci lampeggianti o l'emissione di segnali acustici, al fine di interrompere immediatamente la produzione e richiedere l'intervento umano per affrontare e risolvere tempestivamente gli errori, prevenendone la diffusione.

Il segnale Andon si configura quindi come un sistema volto a ottimizzare la produttività, e, ancor più significativamente, si presenta come un potente strumento a disposizione dei responsabili di area, in quanto permette loro di monitorare costantemente, anche da remoto e a distanza considerevole, tutti i dati relativi alla produzione e agli eventi associati, in modo da favorire la loro capacità di prendere decisioni tempestive ed efficaci.

Figura 6: esempio di segnale Andon, in cui la luce verde indica che la produzione sta procedendo senza intoppi, gialla significa che è stato rilevato un problema e rossa vuol dire che bisogna fermare la produzione[36].

Nel complesso, l'uso del Jidoka all'interno di un'organizzazione comporta una serie di vantaggi significativi[37]:

- Il rilevamento automatico dei problemi e l'arresto del processo in caso di anomalie garantiscono che ai clienti vengano consegnati solo prodotti di alta qualità, migliorando così la reputazione aziendale;
- Contribuisce a migliorare l'efficienza complessiva della produzione, riducendo i tempi di lavorazione e consentendo una consegna più rapida dei prodotti finiti, il tutto senza compromettere la qualità;
- La standardizzazione dei processi e l'analisi dei problemi contribuiscono a eliminare efficacemente gli sprechi, riducendo i costi operativi e aumentando l'efficienza aziendale;
- Incoraggia attivamente i dipendenti nell'analisi e nella risoluzione dei problemi, stimolando la creatività e la ricerca di modi per migliorare i processi produttivi, il che porta a una continua innovazione e miglioramento;
- Riduce i rischi per la salute e la sicurezza dei dipendenti, promuovendo un ambiente di lavoro più sicuro e rispettoso delle normative.

2.3.3. Heijunka

Dopo aver analizzato i due pilastri della Lean, osserveremo ora il primo fondamento su cui si fonda la "casa", che prende il nome di *Heijunka*. Il metodo Heijunka consiste nel

[36] OpEx Learning Team (2016, 16 agosto). *Andon System: What Does It Tell You?* OpEx Learning. https://opexlearning.com/resources/andon-system-what-does-it-tell-you/

[37] Cfr. Barucca, F. (n.d.). *Jidoka: la chiave per il miglioramento continuo*. Produzione Agile. https://www.produzioneagile.it/jidoka-la-chiave-per-il-miglioramento-continuo/

livellare la produzione sia in termini di volume che di mix, utilizzando la stessa sequenza di prodotti per ogni ciclo produttivo[38], con l'obiettivo di ridurre al minimo le oscillazioni nella domanda dei clienti e consentire un flusso di produzione regolare e costante. Infatti, stabilizzare la produzione producendo quantità simili dei vari prodotti o varianti di prodotto in un ciclo di produzione, mantenendo la sequenza dei prodotti costante o uniforme per ogni ciclo, consente di ridurre le fluttuazioni nella produzione.

Implementando questo sistema, quindi, è possibile mantenere una produzione costante di prodotti, indipendentemente dalle variazioni della domanda dei clienti.

Come accennato poc'anzi, l'Heijunka agisce, anche se non necessariamente contemporaneamente, sul volume e sulla composizione dei prodotti con l'obiettivo di ottimizzare la pianificazione della produzione:

- Con il *livellamento della produzione in base al volume*, il volume di produzione si ottimizza attraverso il calcolo della media della domanda per determinare il lotto minimo di produzione, il quale è accompagnato da una scorta minima progettata per affrontare eventuali fluttuazioni impreviste nella richiesta di prodotti. Questa strategia offre il vantaggio di mantenere una sorveglianza costante sia sulla media della domanda attesa sia sul livello iniziale delle scorte di materia prima o prodotti finiti. Ciò consente una regolazione accurata e uniforme della produzione, contribuendo a evitare picchi e vuoti indesiderati nel processo produttivo;
- Quando l'Heijunka interviene sul *livellamento della produzione per mix di prodotto*, e quindi nella gestione della produzione che coinvolge una gamma diversificata di prodotti ognuno con le proprie esigenze e fasi di lavorazione, si adotta un approccio di coordinamento. Questo approccio prevede l'allineamento della produzione di vari prodotti all'interno di un sistema integrato. Inoltre, i lotti vengono pianificati attentamente e vengono stabiliti livelli minimi di inventario, specificatamente adattati al mix specifico dei prodotti da fabbricare. Questa strategia mira a ottimizzare l'efficacia operativa riducendo al minimo i tempi di inattività e garantendo un processo di produzione coerente ed equilibrato in grado di soddisfare le specifiche esigenze di produzione di ciascun prodotto.

Uno strumento utilizzato per livellare il mix e il volume della produzione è l'*Heijunka Box*, una rappresentazione fisica o visiva di come vengono pianificate e programmate le

[38] Cfr. Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2009). *Buffer sizing of a Heijunka Kanban system.* Journal of Intelligent Manufacturing, 23(1), pp. 49–60. https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3

produzioni in un'azienda. Di solito, è una sorta di scatola o tabellone con scomparti o segnaletica visiva che rappresenta i diversi prodotti o modelli che un'azienda produce, e in cui ogni scomparto è utilizzato per allocare la produzione programmata di un determinato prodotto o modello su un periodo di tempo specifico. La funzione principale dell'Heijunka Box è fornire una panoramica condivisa delle risorse e facilitare il raggruppamento degli ordini. Attraverso questo strumento, è possibile allineare la produzione in modo ottimale in base alle richieste dei clienti, evitando così oscillazioni e picchi eccessivi nella produzione e migliorando l'efficienza nell'impiego delle risorse.

2.3.4. Standardized Work

Il secondo elemento su cui si fonda la filosofia Lean è lo *Standardized Work*[39], o *lavoro standardizzato*, una metodologia che mira a stabilire procedure precise per la produzione di beni o servizi in modo sicuro, diretto ed efficiente, tenendo conto delle tecnologie attuali. L'implementazione del lavoro standardizzato apporta stabilità ai processi, riduce gli sprechi, aumenta l'efficienza e i tempi di attività, e può persino contribuire a migliorare la soddisfazione sia dei lavoratori che dei supervisori grazie all'eliminazione dell'incertezza e alla creazione di un ambiente di lavoro più stabile e prevedibile.
Questa metodologia si basa su tre componenti fondamentali[40]:

- *Takt Time*: questo concetto rappresenta la velocità a cui i prodotti devono essere fabbricati in un processo per soddisfare la richiesta dei clienti. Come già discusso in precedenza al Paragrafo 2.3.1, il Takt Time stabilisce il ritmo del lavoro in modo da allineare la produzione con la domanda effettiva.
- *Working Sequence*: questo elemento definisce una sequenza di lavoro precisa in cui un operatore deve eseguire le attività entro il Takt Time stabilito. Ciò garantisce un flusso di lavoro sincronizzato che ottimizza l'efficienza e la qualità.
- *In-Process Stock*: questo comprende le unità presenti nelle macchine e necessarie per mantenere il processo in funzione senza interruzioni. In pratica, questo concetto indica la quantità minima di parti e materie prime necessarie per eseguire

[39] Cfr. MÍkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B. A., Korshunov, A. I., & Tyurin, I. (2016). *Standardization – One of the Tools of Continuous Improvement*. Procedia Engineering, 149, pp. 329–332. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674
[40] Cfr. Tulip (2023, 28 marzo). *Standardized Work: What Is Standard Work & How To Apply It*. Tulip. https://tulip.co/glossary/what-is-standardized-work-and-how-to-apply-it/

le operazioni senza problemi, evitando così interruzioni nel processo produttivo e contribuendo a mantenere il flusso stabile e continuo.

Ci sono tre strumenti comunemente utilizzati nella formulazione del lavoro standardizzato, i quali rivestono una particolare rilevanza nel contesto produttivo al fine di garantire procedure uniformi, variazioni minime e una massima efficienza durante l'esecuzione delle attività[41].

Il primo tra questi strumenti è il *Process Capacity Sheet*, noto anche come "foglio di capacità di processo". Questo documento dettagliato fornisce informazioni essenziali riguardo al tempo richiesto per portare a termine ogni singola operazione o fase all'interno del processo produttivo. La sua utilità risiede nel facilitare la pianificazione e l'allocazione efficiente delle risorse, eliminando i colli di bottiglia e consentendo allo stesso tempo di stabilire chiaramente gli standard di produzione da seguire.

Il secondo strumento utile per garantire una standardizzazione del lavoro è la *Standardized Work Combination Table*, o, in italiano, "tabella di combinazione del lavoro standardizzato".

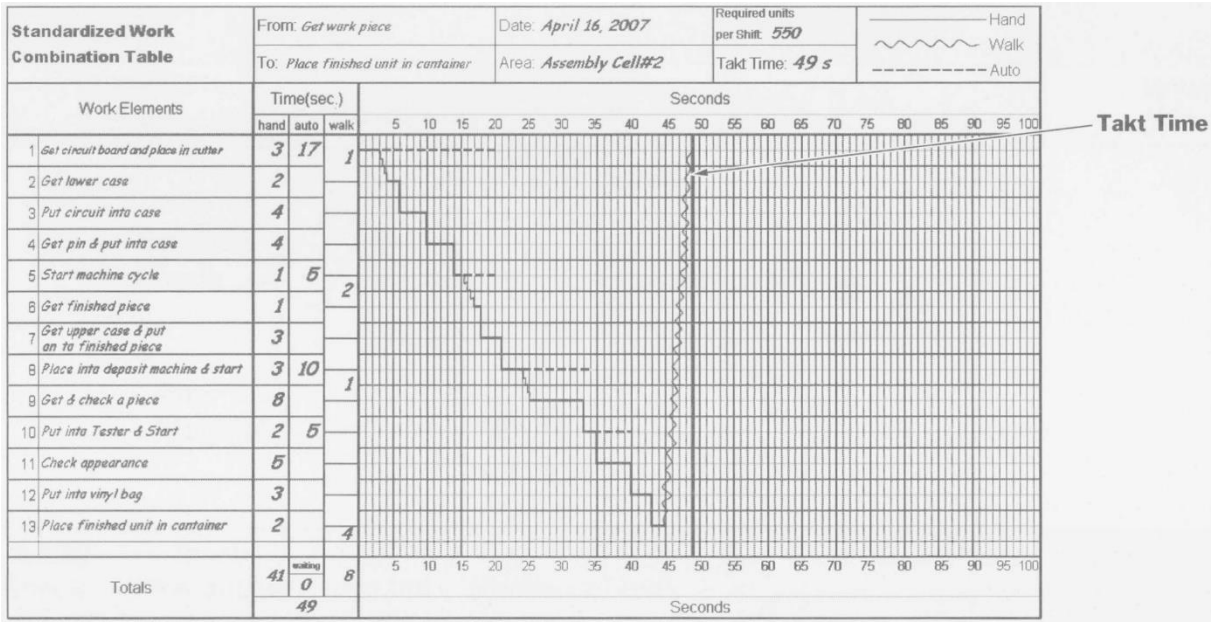

Figura 7: esempio di Standardized Work Combination Table[42].

Questo strumento presenta in forma tabellare le sequenze di operazioni e le combinazioni di movimenti che i lavoratori devono seguire durante l'esecuzione di un processo

[41] Cfr. Lean Enterprise Institute (2022, 22 marzo). *Standardized Work*. Lean Enterprise Institute. https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/

[42] Gemba Kaizen Web (2015, 11 maggio). *Standardized Work Combination Table*. Gemba Kaizen Web. https://takuminotie.com/english/2015/11/05/standardized-work-combination-table/

produttivo. La Standardized Work Combination Table è di grande utilità non solo nel riconoscere e promuovere le *best practices*, ma anche nel fornire una descrizione dettagliata delle interazioni tra operatori e macchine durante il processo; queste informazioni vengono poi utilizzate per calcolare il contenuto lavorativo effettivo dell'operatore in risposta ad alterazioni del Takt Time.

Infine, lo *Standardized Work Chart*, tradotto "diagramma del lavoro standardizzato", indica un diagramma che rappresenta graficamente il flusso di lavoro standardizzato, inclusi i tempi di ciclo, il Takt Time, le sequenze di lavoro e le quantità di scorte standard in corso richieste per garantire un flusso regolare delle operazioni. Questo diagramma rappresenta uno strumento visivo che aiuta i lavoratori a seguire un processo in modo coerente e a identificare possibili aree di miglioramento, inoltre viene costantemente rivisto e aggiornato man mano che le condizioni di lavoro evolvono o migliorano.

La coerenza ottenuta attraverso il lavoro standardizzato garantisce che le attività vengano eseguite in modo uniforme, riducendo al minimo le variazioni e gli errori. Questo, a sua volta, si traduce in un notevole miglioramento dell'efficienza, con processi ottimizzati che comportano tempi di ciclo più brevi e un aumento della produttività complessiva. Perseguire un'elevata produttività attraverso una serie di attività che non siano complesse, ma efficienti e dinamiche, è uno degli obiettivi dello Standardized Work. Come affermato, l'obiettivo principale è "*raggiungere l'equilibrio della linea di produzione tra tutti i processi, ridurre i tempi di produzione e determinare il processo a lotto minimo, eliminando così scorte e sprechi*"[43].

La semplificazione della formazione è un ulteriore vantaggio, in quanto i nuovi dipendenti possono essere formati più rapidamente seguendo procedure standardizzate.

Si può affermare che il lavoro standardizzato, attraverso la creazione di processi definiti e coerenti, costituisca una solida base all'interno dell'organizzazione. Questi processi offrono un punto di partenza per l'ultimo fondamento della Lean House: il *Kaizen*, che sostenendo l'innovazione e il miglioramento continuo, trae vantaggio da questa stabilità per promuovere l'evoluzione e la crescita dell'organizzazione.

[43] Fin, J. C., Vidor, G., Cecconello, I., & De Campos Machado, V. (2017). *Improvement based on standardized work: an implementation case study*. Brazilian Journal of Operations & Production Management, 14(3), pp. 388–395. https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n3.a12

2.3.5. Kaizen

L'ultimo dei tre fondamenti della Lean è il Kaizen, che è traducibile come "miglioramento continuo". Questo termine è ottenuto dall'unione di *Kai* che significa "cambiamento" e *Zen*, che significa "in meglio". Come già esaminato precedentemente al Paragrafo 2.1.5, l'approccio Kaizen è caratterizzato da una visione del miglioramento della produttività come un processo graduale e metodico, che abbraccia l'ottimizzazione continua di tutte le operazioni coinvolgendo l'intero organico aziendale. Questa filosofia comprende un vasto spettro di concetti, mirando a rendere l'ambiente lavorativo più efficiente ed efficace attraverso una cultura di collaborazione e miglioramento continuo. Questo si realizza attraverso la promozione di un forte spirito di squadra, l'ottimizzazione delle procedure quotidiane, il coinvolgimento attivo dei dipendenti e l'accento sulla creazione di un ambiente lavorativo che sia non solo più gratificante, ma anche meno faticoso e più sicuro. Come affermato da Masaaki Imai, ideatore del termine Kaizen, *"non dovrebbe passare un solo giorno senza che venga apportato qualche tipo di miglioramento da qualche parte all'interno di un'organizzazione*"[44].

Ci sono due dimensioni fondamentali del concetto di Kaizen, entrambe indispensabili per il perseguimento dell'obiettivo di miglioramento continuo all'interno dell'azienda: da un lato, il *Flow Kaizen* si concentra sul flusso dei processi all'interno dell'organizzazione, mentre, d'altra parte, il *Process Kaizen* mira a ottimizzare le singole procedure operative.

Il *Flow Kaizen* rappresenta un approccio di miglioramento continuo che pone una particolare enfasi sull'ottimizzazione del flusso di materiali e informazioni attraverso l'intera struttura aziendale. Questo significa che il suo obiettivo principale è identificare e implementare modifiche strategiche che favoriscano una distribuzione più fluida ed efficiente di risorse, sia fisiche che intellettuali, in ogni aspetto delle operazioni aziendali.

Il *Process Kaizen* è una metodologia di miglioramento che si differenzia dal Flow Kaizen, in quanto il suo focus è sull'ottimizzazione di aree di lavoro specifiche per massimizzare l'efficienza. Invece di considerare l'intero flusso aziendale, il Process Kaizen si concentra sui singoli componenti del processo, cercando di apportare cambiamenti mirati che possano avere un impatto significativo sulle prestazioni complessive dell'organizzazione.

---

[44] Imai, M. (1986). *The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill, New York, NY, in Smadi, S. A. (2009). *Kaizen strategy and the drive for competitiveness: challenges and opportunities*. Competitiveness Review, 19(3), pp. 203–211. https://doi.org/10.1108/10595420910962070

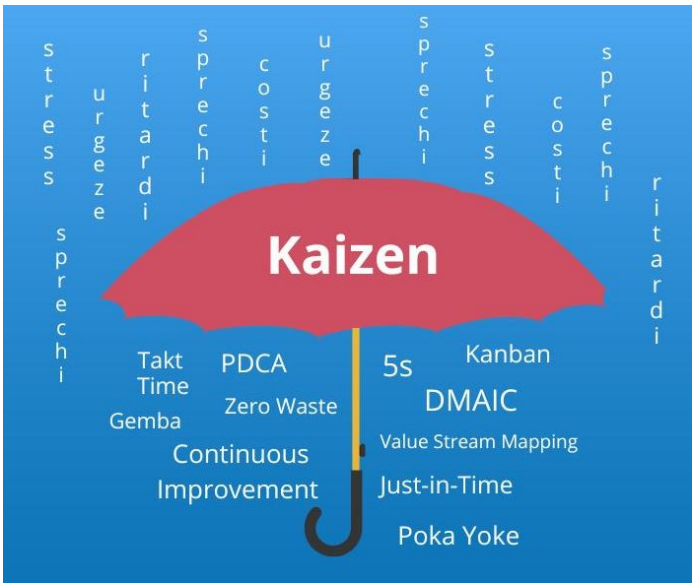

Figura 8: la metafora "dell'ombrello" ideata da Masaaki Imai, in cui il Kaizen viene visto come un ombrello che copre l'intera organizzazione e protegge dalla "pioggia" dei problemi e degli sprechi[45].

Il Kaizen si basa su cinque fondamentali principi[46]:

- *Conosci il tuo cliente*: conoscere chi sta acquistando un prodotto o un servizio è essenziale per creare valore. È fondamentale che le aziende investano nella ricerca e nella comprensione degli interessi e dei bisogni dei propri clienti al fine di migliorare e potenziare la loro esperienza d'acquisto;
- *Lascia fluire*: questo principio è fondamentale per perseguire l'obiettivo di eliminare completamente gli sprechi, affrontando i colli di bottiglia e le inefficienze. Sebbene questo obiettivo possa sembrare irraggiungibile, questa è, in realtà, l'essenza stessa del Kaizen: se si potesse raggiungere, il miglioramento si arresterebbe. Di conseguenza, ogni membro dell'organizzazione deve impegnarsi attivamente nell'eliminare qualsiasi forma di spreco all'interno del proprio ambito di competenza, contribuendo simultaneamente alla creazione di valore.
- *Vai al Gemba*: questo principio si basa sull'espressione giapponese che significa "il luogo reale" o "il posto di lavoro", ed indica che qualsiasi cambiamento o miglioramento deve essere fondato su dati concreti e osservazioni effettuate direttamente sul campo, dove l'attività è in corso. È essenziale recarsi fisicamente sul luogo in cui si è verificato un problema, identificare le radici del problema e le

[45] The Lean Six Sigma Company Italia (2023). *Kaizen*. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/the-lean-six-sigma-company-italia_kaizen-5s-pdca-dmaic-poka-yoke-activity
[46] Cfr. Kaizen Institute (2023). *What is KAIZEN™: Dive into the KAIZEN™ methodology.* Kaizen Institute. https://kaizen.com/what-is-kaizen/

cause sottostanti, e quindi lavorare attivamente per migliorare la situazione eliminando o mitigando queste cause.

- *Responsabilizza le persone*: l'idea centrale di questo principio è dare alle persone il potere e l'autorità per prendere decisioni e agire. Sottolinea l'importanza di coinvolgere i team e di strutturarli in modo da allinearsi ai principi del miglioramento continuo. In questo contesto, ci si aspetta che i team leader definiscano gli obiettivi delle loro squadre in modo chiaro e coerente tra loro e forniscano le risorse necessarie per raggiungere questi obiettivi.
- *Sii Trasparente*: la trasparenza è un aspetto cruciale nell'applicazione del Kaizen. I dati costituiscono la base di questa trasparenza, rappresentando l'indicatore principale per valutare i risultati. Pertanto, è fondamentale monitorare attentamente le prestazioni e i progressi utilizzando dati tangibili e reali per valutare le performance e individuare potenziali aree di miglioramento.

Questi principi si concretizzano sul piano operativo attraverso cicli di miglioramento strutturati seguendo l'approccio *PDCA* o *Ciclo di Deming*. Questa metodologia permette di apportare piccole modifiche e di esaminare periodicamente i risultati ottenuti, consentendo l'implementazione di correzioni o ulteriori miglioramenti, creando così un ciclo continuo di perfezionamento[47]. Nel quadro dell'approccio *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), il processo di miglioramento continuo inizia con la fase di pianificazione (*Plan*), in cui si delineano chiaramente gli obiettivi, si identificano le azioni necessarie e si sviluppano piani dettagliati. Successivamente, nella fase di esecuzione (*Do*), queste azioni pianificate vengono implementate con attenzione e precisione, mettendo in atto le strategie delineate. Dopo l'implementazione, si passa alla fase di verifica (*Check*), in cui vengono raccolti dati e metriche per valutare l'efficacia delle azioni intraprese. Infine, nella fase di azione correttiva (*Act*), sulla base delle valutazioni effettuate nella fase precedente, vengono prese decisioni informate per regolare e migliorare ulteriormente il processo.

Questo ciclo iterativo non si ferma ma si ripete ininterrottamente, consentendo un miglioramento continuo e adattativo delle operazioni aziendali.

[47] Cfr. Project Manager Center (2021). *I principi del Kaizen nella gestione dei progetti*. HumanWare. https://www.humanwareonline.com/project-management/center/principi-kaizen-gestione-progetti/

2.3.5.1. Il "Metodo delle 5S"

Una delle più significative tecniche utilizzate all'interno del Kaizen per conseguire una continua riduzione degli sprechi è rappresentata dal "*Metodo delle 5S*", un approccio che si basa su una filosofia incentrata sulla rimozione di tutte le attività che non sono necessarie rispetto alla specifica attività in corso. Prima di implementare l'approccio PDCA, è spesso utile utilizzare questo metodo per organizzare e preparare l'ambiente di lavoro, in quanto un ambiente di lavoro pulito, organizzato e standardizzato facilita l'implementazione e il controllo delle azioni nel ciclo PDCA.

La metodologia delle 5S prevede cinque fasi che costituiscono un modello strutturato e ricorrente per ottimizzare gli standard di lavoro e, di conseguenza, migliorare le prestazioni operative.

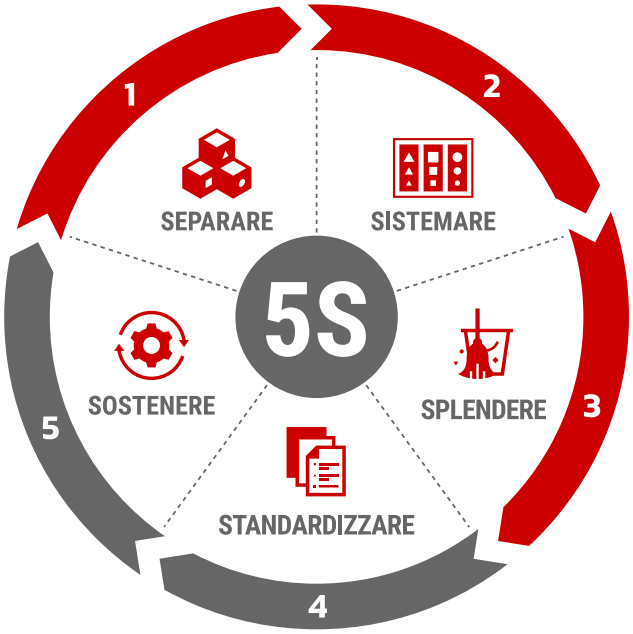

Figura 9: le 5S del Kaizen[48].

Seiri (separare) parte dal presupposto che la presenza di oggetti non necessari nello spazio di lavoro possa essere una fonte di distrazione per i dipendenti, con conseguente riduzione della loro produttività. Invece di consentire che diverso materiale si accumuli disordinatamente sulla postazione lavorativa, questa metodologia propone di organizzarlo in base alla sua priorità, in modo da lasciare spazio solo a ciò che è effettivamente utile. Per capire ciò che va tenuto, archiviato o eliminato è bene porsi

[48] Kaizen People (n.d.). *Corso esperienziale applicazione metodo 5S*. Kaizen People. https://www.metodokp.it/corsi/corso-applicazione-5s

domande come “quanto è necessario?”, “quanto spesso è necessario?” o “è utile?”[49] al fine di capire quale azione intraprendere.

Seiri, in collaborazione con il team, prepara il terreno per la fase successiva, ovvero *Seiton* (sistemare). Seiton è l'atto di collocare oggetti, strumenti e risorse nella posizione più efficiente, con l'intenzione di organizzare il lavoro per massimizzare l'efficienza. Ciò implica non solo collocare gli strumenti e le risorse necessari in una posizione strategica, ma anche definire procedure e flussi di lavoro chiari che consentano di sfruttare al meglio tali risorse. L'obiettivo fondamentale di Seiton è garantire che il lavoro appropriato giunga nelle mani delle persone giuste e che queste persone dispongano degli strumenti e delle conoscenze necessarie per eseguirlo in modo efficace e ottenere risultati positivi.

Seiso (splendere) si basa sulla concezione che un ambiente di lavoro ben pulito sia più sicuro e meno soggetto a distrazioni[50]. Tutti i dipendenti dovrebbero seguire questa terza “S” in modo automatico e senza che venga richiesto, poiché un atteggiamento disciplinato verso il mantenimento della pulizia del proprio spazio di lavoro si ripercuote positivamente sull'efficienza, indipendentemente dal tipo di attività svolta. Un ambiente di lavoro pulito promuove infatti un maggiore senso di ordine e sicurezza, dimostrando allo stesso tempo un rispetto sia per sé stessi che per i colleghi.

La quarta fase delle 5S è rappresentata da *Seiketsu*, che si traduce come “standardizzare”. Gli standard giocano un ruolo cruciale nell'assicurare che qualsiasi miglioramento apportato attraverso l'approccio Kaizen o il metodo delle 5S per il miglioramento continuo diventi la prassi comune, evitando che sia un evento isolato. Una volta che un processo è stato dimostrato ottimale, viene standardizzato, il che implica che non è più necessario reinventare continuamente il processo da zero con la diretta conseguenza di un risparmio in termini di tempo.

Shitsuke (sostenere), l'ultima delle fasi delle 5S, è considerato il più difficile da attuare. Questo processo implica l'adozione e l'incoraggiamento dei nuovi metodi affinché questi diventino abitudini consolidate, motivando i dipendenti al loro utilizzo anche attraverso sistemi premianti sia in termini monetari che non monetari[51]. Richiede un notevole grado di disciplina per assicurare l'attuazione costante dei processi appena standardizzati, il che

---

[49] Cfr. Dudek-Burlikowska, M. (2006). *Quality research methods as a factor of improvement of preproduction sphere*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 18, Nos. 1–2, pp. 435–438.

[50] Cfr. Peterson, J. & Smith, R. (2001). *The 5S Pocket Guide.* Quality Resources, New York.

[51] Cfr. Lancucki, J. (2001). *Basis of Total Quality Management*. AE, Poznan.

spesso comporta misurazioni frequenti e audit periodici. Senza Shitsuke, si corre il rischio di perdere tutta la conoscenza acquisita durante i quattro passaggi precedenti, vanificando gli sforzi fatti.

2.4. Lean Logistics

Conosciuta anche come logistica snella, la *Lean Logistics* rappresenta una filosofia e un approccio gestionale innovativo che mira a ottimizzare l'efficienza e la fluidità delle catene di approvvigionamento e distribuzione, applicando i principi fondamentali del Lean Thinking al contesto della logistica e della gestione dei trasporti. Questa filosofia, focalizzata specificamente sulla gestione efficiente e snella dei flussi logistici, risulta una componente chiave del più ampio contesto della *Lean Supply Chain*, un approccio integrato alla gestione degli approvvigionamenti e della produzione che incorpora i principi Lean lungo l'intera catena del valore, dalla pianificazione della produzione alla distribuzione al cliente finale.

Nel mondo sempre più competitivo e globalizzato in cui le organizzazioni operano, la Lean Logistics si è rivelata cruciale per le aziende desiderose di ridurre sprechi, costi e tempi di consegna, migliorando al contempo la qualità dei servizi offerti ai clienti e promuovendo una maggiore sostenibilità e adattabilità alle mutevoli esigenze di mercato.

Come per tutti i settori che adottano un approccio Lean, una gestione snella nella logistica implica il costante perfezionamento di tutti i processi logistici all'interno di un'organizzazione, con un'enfasi particolare sull'eliminazione degli sprechi e delle attività che non aggiungono valore[52].

Ci sono nove aree fondamentali nella gestione della catena di approvvigionamento che, se non gestite in modo efficace, possono causare sprechi o inefficienze[53]:

- *Servizio logistico e assistenza clienti*: riguarda la gestione delle attività relative all'assistenza del cliente e alla soddisfazione delle sue esigenze attraverso servizi logistici come il supporto post-vendita, la gestione dei resi e la risoluzione delle problematiche logistiche;

[52] Cfr. Baudin, M. (2004). *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. Productivity Press, New York.

[53] Cfr. Sopadang, A., Wichaisri, S., Sekhari, A. (2014). *The Conceptual Framework of Lean Sustainable Logistics* in Materiały z konferencji, *International Conference on Transportation and Logistics* (ICLT 2014), Malaysia; 08/2014.

- *Previsione della domanda e pianificazione*: comprende la previsione della domanda futura di beni o servizi, nonché la definizione di strategie per le operazioni logistiche al fine di soddisfare tale domanda. Include la gestione delle previsioni, la pianificazione della produzione e della distribuzione;
- *Approvvigionamento e acquisti*: si concentra sull'acquisizione dei materiali e dei prodotti necessari per i processi di produzione o distribuzione. Comprende la selezione dei fornitori, la negoziazione dei contratti e la gestione degli ordini di acquisto;
- *Gestione delle scorte*: riguarda la gestione dell'inventario in modo ottimale, cercando di equilibrare la disponibilità dei materiali con il costo di mantenimento degli stock. Include la definizione di politiche di stock, il monitoraggio dell'inventario e la gestione dei cicli di rifornimento;
- *Consegne e comunicazione*: quest'area tratta della consegna fisica dei prodotti ai clienti o agli altri destinatari. Include la pianificazione delle consegne, il monitoraggio dei trasporti e la comunicazione con i clienti o i partner commerciali;
- *Imballaggio dei materiali*: si riferisce al processo di preparazione dei materiali o dei prodotti per la spedizione, inclusa la scelta dell'imballaggio, il confezionamento e l'etichettatura;
- *Trasporto*: quest'area si occupa del movimento fisico dei materiali o dei prodotti da un punto all'altro della catena di approvvigionamento. Implica la scelta dei metodi di trasporto, la pianificazione dei percorsi e il monitoraggio delle spedizioni;
- *Stoccaggio*: si occupa della gestione degli spazi di stoccaggio per gli stock di materiali o prodotti. Include la progettazione del magazzino, la sistemazione delle scorte e la gestione dello spazio;
- *Logistica inversa*: si riferisce al flusso di materiali o prodotti dalla fine della catena di approvvigionamento verso l'inizio, ad esempio nel caso di rifornimenti, riciclaggio o riparazioni. La gestione efficiente della logistica inversa è importante per ridurre gli sprechi e massimizzare il recupero di valore dai prodotti usati[54].

L'applicazione dei principi Lean in relazione alle aree menzionate non solo consente di individuare ed eliminare gli sprechi, ma comporta anche numerosi vantaggi concreti. Tra

[54] Cfr. NTL Express. (n.d.). *Cosa si intende per logistica inversa*. NTL Express. https://www.ntlexpress.it/blog/logistica/cosa-si-intende-per-logistica-inversa/

i più significativi vi sono il bilanciamento delle linee di produzione e la riduzione del lead time, la diminuzione dei livelli di inventario, l'eliminazione dei tempi morti e dei ritardi, così come la riduzione della variabilità indesiderata. Inoltre, si ottiene una maggiore disponibilità dei prodotti e una maggiore flessibilità lungo l'intera catena di approvvigionamento[55].

2.4.1. Milk Run

Il *Milk Run*, letteralmente "corsa del latte", consiste in una metodologia integrata all'interno della filosofia della logistica snella, essenziale per ottimizzare i flussi di materiale e gestire in modo efficiente la *supply chain*.

Il termine trae origine dal consueto percorso effettuato dai lattai di determinati Paesi: questi compiono un itinerario prestabilito, rispettando orari definiti, per consegnare il latte direttamente a casa dei clienti. Questa pratica consente loro di percorrere un solo viaggio, ottimizzando così i costi legati all'utilizzo dei mezzi di trasporto, poiché possono consegnare bottiglie piene e ritirarne di vuote da diversi clienti durante la stessa corsa[56].

Nel contesto di una gestione logistica snella, l'utilizzo del Milk Run consente alle imprese di ridurre in modo significativo i costi associati a trasporto, movimentazione e stoccaggio, consegnando prodotti o componenti a diversi clienti attraverso un numero ridotto di spedizioni[57]. La combinazione delle spedizioni riduce le attività prive di valore aggiunto legate allo scarico della merce, all'elevato livello di stoccaggio, agli imballaggi e alla restituzione di pallet e contenitori ai fornitori. Analogamente al lattaio che consegna le bottiglie piene e contemporaneamente ritira quelle vuote, al momento della consegna dei prodotti ai clienti lo spedizioniere provvederà a restituire i contenitori vuoti ai fornitori per futuri utilizzi[58].

Il Milk Run non è però solo *esterno,* ovvero da fornitore a uno o più clienti, ma può essere anche *interno*, dove il focus è sulla gestione dei materiali all'interno dello stesso stabilimento. In questo caso, un addetto al rifornimento segue un percorso pianificato

---

[55] Wronka, A. (2016). *Lean Logistics*. Journal of Positive Management, Vol. 7, No. 2, pp. 55–63. https://doi.org/10.12775/jpm.2016.012

[56] Cfr. Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). *Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, *2*(3), pp. 5980–5989. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.012

[57] Cfr. Nemoto et al. (2010).

[58] Cfr. Minh, N. V., Kien, D. T., & Hau, P. K. (2020). *Applying Milk-run Method to Optimize Cost of Transport: an Empirical Evidence*. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), Vol. 7, No. 2, pp. 178-188. https://doi.org/10.22034/ijsom.2020.2.6

all'interno dello stabilimento, effettuando un'unica azione di raccolta dei contenitori vuoti presenti nelle postazioni di lavoro o linee di produzione. Successivamente, questi contenitori vengono riempiti nel magazzino centrale, o, nel caso del Kanban, nel *supermarket* (che vedremo al Paragrafo 2.5.2), e infine vengono riposti nella posizione originale. In questo modo, viene garantito un flusso costante di materiale, evitando interruzioni dovute a mancanza di rifornimenti.

2.4.2. Plan For Every Part (PFEP)

Un altro strumento importante che si inserisce perfettamente nella logica della logistica snella è il *PFEP*, acronimo di *Plan For Every Part*, che si traduce in "piano per ogni componente". Il PFEP rappresenta una pietra miliare nell'ottimizzazione della gestione degli inventari, essendo un documento contenente tutte le informazioni rilevanti su ciascun codice prodotto nello stabilimento, inclusa la posizione di stoccaggio e i punti di utilizzo[59]. Le definizioni e i contenuti di un PFEP variano a seconda del contesto e delle esigenze del documento. Generalmente, all'interno di quest'ultimo sono contenute informazioni sulla componente come la quantità massima di consumo giornaliero, la sua ubicazione, il tempo trascorso tra un ordine e il successivo, il peso del materiale, nonché il tipo e le dimensioni del contenitore, tra le altre specifiche.

In definitiva, il PFEP emerge come un pilastro fondamentale per le aziende orientate alla logistica snella, fornendo una guida dettagliata che ottimizza la gestione degli inventari e favorisce una produzione più efficiente e reattiva. In particolare, il PFEP è il documento in cui vengono inserite le informazioni relative ai contenitori impiegati, rivestendo un ruolo di notevole importanza per le imprese che adottano il sistema Kanban, in quanto molte di queste aziende basano la creazione dei cartellini per codici articolo specifici, proprio sui dati forniti dal PFEP.

Come si vedrà nella prossima sezione, proprio il sistema Kanban emerge come un elemento chiave all'interno della filosofia della logistica snella. Risulta indispensabile per garantire la sincronizzazione, la visibilità e la reattività necessarie nei processi logistici, ottimizzando la gestione dei flussi, riducendo gli sprechi e migliorando l'efficienza nella catena di approvvigionamento.

[59] Cfr. Womack, J. (2013). *Gemba Walks, 2nd Ed.: Expanded 2nd Edition*. Lean Enterprise Institute, p. 28.

2.5. Uno strumento fondamentale del Just-in-Time: il Kanban

Nel panorama aziendale moderno, caratterizzato da una crescente complessità e dinamicità, l'efficienza operativa è diventata un fattore cruciale per il successo di qualsiasi organizzazione. Uno strumento potente che ha guadagnato popolarità in questo contesto è il Kanban. Originariamente sviluppato da Toyota nel settore della produzione come parte dell'approccio Just-in-Time, il Kanban è stato adattato con successo in una vasta gamma di settori e applicazioni ed è spesso considerato uno degli strumenti fondamentali nella Lean Production o, in generale, nella gestione Lean.

2.5.1. Cos'è il Kanban

Come menzionato al Paragrafo 2.3.1, Kanban è una terminologia giapponese che può essere tradotta come "scheda" o "cartellino". Questa parola è associata all'elaborazione di un sistema sviluppato tra la fine degli anni Quaranta e l'inizio degli anni Cinquanta da Taiichi Onho, ideato allo scopo di gestire e controllare il flusso di produzione tra i vari processi, nonché per implementare con successo la produzione Just-in-Time all'interno degli stabilimenti di produzione Toyota in Giappone.

L'idea chiave del Kanban, attraverso l'utilizzo degli omonimi cartellini, è che tanto la produzione quanto il flusso delle merci tra le diverse fasi di produzione dovrebbero essere rigorosamente guidati dalla loro effettiva necessità e dall'uso finale[60]. In questo modo, viene garantito che i materiali siano riordinati in base alla domanda effettiva e al consumo reale durante il processo produttivo.

La visibilità immediata fornita dai cartellini Kanban permette inoltre di mantenere una produzione efficiente e altamente reattiva per rispondere ai continui cambiamenti della domanda. Questo sistema consente a manager e supervisori di monitorare costantemente lo stato del lavoro in corso, identificare le priorità e apportare regolazioni immediate, in modo da evitare il sovraffollamento delle fasi di produzione[61]. Di conseguenza, le scorte vengono drasticamente ridotte in ogni fase del processo, il che a sua volta ottimizza

[60] Cfr. Mohamad, E., Shafee, N. a. Q. M., Syuhadah, A., & Rahman, M. S. A. (2023*). Kanban apps for lean practitioners*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/369172034_Kanban_Apps_for_Lean Practitioners

[61] Cfr. Ahmad, M. O., Dennehy, D., Conboy, K., & Oivo, M. (2018). *Kanban in software engineering: A systematic mapping study*. Journal of Systems and Software, 137, pp. 96-113. https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.045

l'efficienza complessiva dell'intero sistema produttivo[62]. Inoltre, la flessibilità offerta dal Kanban consente di mitigare il *Bullwhip Effect* o effetto Forrester[63,64].

Le informazioni contenute in un cartellino possono variare da un'azienda all'altra in base alle esigenze specifiche e ai processi di produzione o servizio. Tuttavia, alcune informazioni sono generalmente presenti su tutti i cartellini Kanban:

- *Il codice del componente*: questo codice identifica univocamente il componente specifico che deve essere ripristinato, facilitando la tracciabilità e l'identificazione del materiale;
- *Il fornitore*: specifica da quale fornitore il componente deve essere acquisito, aiutando a gestire la catena di approvvigionamento;
- *Il cliente*: indica chi è il destinatario che richiede il componente o il prodotto, fornendo informazioni importanti per la gestione delle spedizioni e delle consegne;
- *Il tempo a disposizione per il ripristino*: questo campo specifica il tempo previsto o richiesto per ripristinare un dato componente, contribuendo a pianificare le attività di produzione o di servizio;
- *La quantità da ripristinare*: indica il numero specifico di componenti da ripristinare, consentendo di pianificare la produzione o l'approvvigionamento in base alle quantità richieste;
- *Il contenitore da utilizzare*: specifica il tipo di contenitore o imballaggio in cui il componente dovrebbe essere conservato o trasportato, contribuendo a garantire la sicurezza e l'integrità del materiale durante il trasporto e lo stoccaggio.

L'area designata per lo stoccaggio dei contenitori con i cartellini Kanban è comunemente denominata *supermarket*, che stravolge l'idea di magazzino tradizionale.

2.5.2. Supermarket Kanban

Il concetto di *supermarket Kanban* nasce quasi contemporaneamente all'ideazione del concetto di Kanban, quando, tra la fine degli anni Quaranta e l'inizio degli anni Cinquanta,

---

[62] Cfr. Mohamad, E., & Ito, T. (2013). *Integration of e-learning and simulation to user training programme of SMED*. International Journal of Internet Manufacturing and Services, 3(2), pp. 121-136. https://doi.org/10.1504/ijims.2013.058716

[63] Cfr. Takahashi, K., Myreshka, & Hirotani, D. (2005). *Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains*. International Journal of Production Economics, 93–94, pp. 25–40. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.003

[64] Chiamato anche *effetto frusta*, rappresenta un fenomeno che indica un incremento della variabilità della domanda lungo la supply chain.

Taiichi Ohno si recò negli Stati Uniti per capire come lavorassero i propri competitors nel settore automobilistico. In maniera del tutto involontaria, recandosi in uno dei primi negozi di alimentari self-service americani, notò il modo efficiente in cui i supermercati gestivano l'inventario e rifornivano gli scaffali solo quando necessario. La geniale concezione di questi negozi risiedeva nella possibilità per il cliente di auto-servirsi direttamente dagli scaffali, eliminando ogni intermediario e attivando automaticamente il riassortimento dei prodotti consumati grazie al semplice svuotamento dei ripiani. Il supermarket Kanban opera in modo simile ai tradizionali supermercati, dai quali trae ispirazione per il suo nome: l'operatore, o chi è incaricato del prelievo, si reca presso lo scaffale o l'area di stoccaggio dove sono conservati i materiali, e sulla base dell'effettiva necessità preleva il materiale dai contenitori segnalati dai cartellini Kanban. Dopo il prelievo del materiale, il cartellino Kanban associato a quel contenitore viene spostato o conservato in un'apposita posizione predefinita, indicando che quel materiale è stato consumato o prelevato, e indicando al contempo la necessità di riordino. Dopo che i nuovi materiali sono stati riordinati o prodotti, il cartellino viene riposizionato vicino ai nuovi materiali, pronto per il prossimo ciclo.

Figura 10: esempio di supermarket Kanban[65].

L'implementazione di un supermarket all'interno di uno stabilimento aziendale si rivela un efficace strumento per la trasformazione di un impianto di produzione, passando da un sistema tradizionale a uno di tipo pull. Contrariamente al modello tradizionale, in cui

[65] PREMIUM Format Group (n.d.). *Kanban-Systeme für Maschinenbaukunden*. PREMIUM Format Group. https://www.premium-format.com/leistungen/kanban-systeme-fuer-maschinenbaukunden/

le materie prime sono immagazzinate in un magazzino e rilasciate sulla base di una pianificazione MRP predefinita, il supermarket agisce come un luogo di stoccaggio centralizzato. Qui, le materie prime sono conservate in prossimità del punto di utilizzo, consentendo ai clienti di prelevarle in base alle effettive necessità, in linea con l'approccio pull[66].

Per assicurare una rotazione ottimale delle scorte all'interno del supermarket Kanban, è essenziale che l'area sia progettata per agevolare il corretto flusso dei materiali. Un approccio pratico per facilitare questa rotazione consiste nell'utilizzo del *Flow Rack Kanban*, in cui vengono installate corsie di flusso che attraverso rastrelliere trasportatrici alimentate per gravità garantiscono il prelievo del materiale presente da più tempo. Come in un tradizionale Kanban, i materiali appena ricevuti vengono posizionati sul retro della scaffalatura; tuttavia, in questo caso, la forza di gravità agevola il movimento automatico delle merci meno recenti verso la parte anteriore, facilitando il prelievo da parte dell'operatore dei materiali più "vecchi". I Flow Rack Kanban vengono posizionati strategicamente all'interno degli stabilimenti per facilitare lo stoccaggio dei materiali, formando così dei mini-supermarket. Questa disposizione mira a ridurre i tempi di spostamento dei materiali tra la linea di produzione e l'area di stoccaggio[67].

2.5.3. Tipologie di Kanban

Quando si parla di sistema Kanban, è importante notare che può essere impiegato sulla base di diverse modalità che variano in base al contesto in cui viene utilizzato[68].

La prima modalità attraverso cui questo sistema si manifesta è rappresentata dal *Kanban tradizionale*, che costituisce la forma più diffusa e comunemente adottata. In questa configurazione, per ciascun componente viene stabilito un numero specifico di contenitori, ognuno dei quali contiene una quantità predefinita di pezzi. A ciascun contenitore, successivamente, viene associato un cartellino Kanban dedicato, necessario per il processo di ripristino. L'azione di rifornimento è innescata quando un contenitore si svuota e viene staccato il relativo cartellino, operazione che funge da ordine formale di ripristino.

---

[66] Cfr. Gross, J. M., & Mcinnis, K. R. (2003). *Kanban made simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM, *Kanban Supermarkets*, pp. 185-189.

[67] Cfr. Bg Log - Lean Manufacturing Solutions (2023). *Flow Racks Kanban*. Bg Log - Lean Manufacturing Solutions. https://www.bglog.it/flow-racks-kanban/

[68] Cfr. Kanban (n.d.). *Tipi di kanban*. Kanban. https://www.kanban.it/it/tipi-di-kanban/

Un'altra modalità di implementazione di un sistema Kanban è rappresentata dal *Double Bin*, noto anche come *Vuoto-Pieno*, il quale costituisce probabilmente il metodo più semplice per implementare il Kanban. Questa metodologia prevede l'utilizzo di due contenitori per ciascun codice, posti uno davanti all'altro, ognuno dei quali riporta le informazioni relative al Kanban. Quando uno dei contenitori è completamente vuoto, indicando l'esaurimento del materiale al suo interno, il cartellino associato al contenitore stesso viene staccato, innescando così un ordine di ripristino. Nel frattempo, il secondo contenitore copre il lead time necessario per il ripristino, garantendo una gestione fluida del flusso produttivo.

La terza modalità, conosciuta come *Signal Kanban*, ovvero *Kanban segnale*, rappresenta un approccio utilizzato per implementare la gestione delle scorte di materiale mediante l'utilizzo del punto di riordino. Questa tipologia di Kanban viene adottata nei contesti produttivi in cui il lotto di produzione del fornitore supera i consumi del cliente. A differenza delle altre modalità, il Signal Kanban non è associato a un contenitore specifico, ma, piuttosto, viene inviato al fornitore solo dopo il consumo di un determinato numero di contenitori o pezzi. All'interno del Signal Kanban, si distinguono due tipologie principali: il *Triangular Kanban*, utilizzato per gli ordini di produzione, e il *Material Requisition Kanban*, impiegato per richiedere il materiale necessario per rifornire il componente. I pezzi vengono organizzati in pila, ad esempio sovrapponendoli, e vengono consumati in successione; quando l'operatore preleva il pezzo su cui è attaccato il cartellino, viene avviato un ordine di ripristino. Il lead time di ripristino è garantito dagli altri pezzi presenti nella pila, assicurando così un flusso continuo e senza interruzioni nel processo operativo[69].

L'ultima modalità, nota come *Batch Kanban*, si configura nei sistemi produttivi in cui il lotto di produzione a monte è maggiore di quello a valle. Questo approccio è strutturato in modo simile al Kanban tradizionale, con l'eccezione che, prima di poter avviare la produzione, il fornitore deve attendere l'accumulo di una specifica quantità di cartellini relativi a un determinato codice. Per monitorare il numero di cartellini accumulati e stabilire se e quando iniziare la produzione di un determinato codice, si utilizza un apposito tabellone[70] dove le colonne corrispondono ai vari codici articolo. All'aumentare

[69] Cfr. Redazione Make Group (2021). *Metodo Kanban: cos'è e quali benefici può ottenere la tua azienda*. Make Group. https://www.make-consulting.it/metodo-kanban/
[70] Cfr. Redazione Make Group (2021).

dei cartellini, ci si sposta progressivamente dalla zona verde, caratterizzata da un numero limitato di cartellini e da una situazione sotto controllo senza la necessità di azioni immediate, alla zona gialla, in cui l'aumento dei cartellini indica un livello crescente di attenzione; in questa fase, il relativo codice può entrare in produzione. Infine, si giunge alla zona rossa, dove la presenza di anche un solo cartellino richiede l'immediato avvio di un ordine di ripristino per il componente associato, segnalando una situazione critica che necessita di interventi tempestivi.

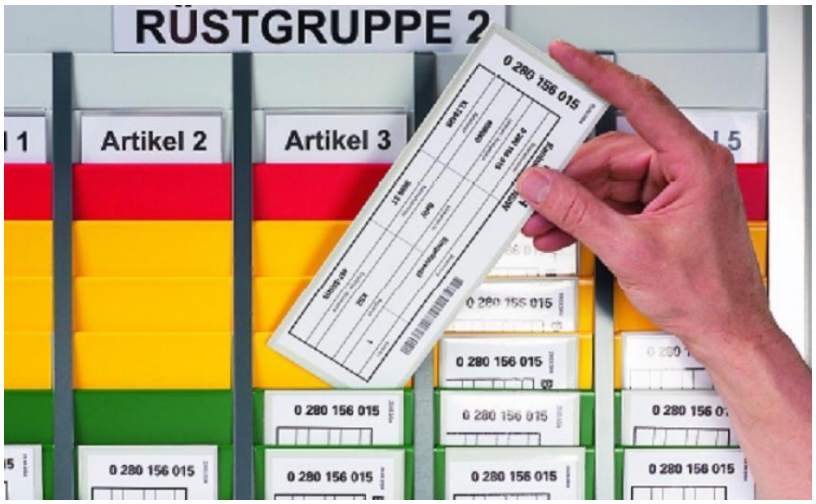

Figura 11: esempio di Batch Kanban[71].

Nel contesto del Kanban, è importante notare che non solo non tutte le modalità in cui viene implementato sono uguali, ma anche i cartellini possono variare a seconda dello scopo originale per cui sono stati concepiti. Secondo Yasuhiro Monden, i cartellini Kanban principalmente utilizzati in base a questa prospettiva sono due: il *Withdrawal Kanban*, o *Kanban di prelievo*, che indica la tipologia e la quantità di prodotto che il processo successivo deve prelevare dal processo precedente, e il *Production Kanban*, o *Kanban di produzione*, che invece specifica sia la tipologia che la quantità di prodotto che il processo precedente deve produrre[72].

Il Kanban di prelievo o di *ritiro* consente il flusso ordinato dei componenti verso una fase a valle del processo. Questa tipologia di Kanban si manifesta attraverso due modalità: il *Kanban inter-processo*, utilizzato per il prelievo da un processo interno, e il *Kanban fornitore*, impiegato per il ritiro da un fornitore esterno. Inizialmente, i cartellini Kanban erano ampiamente impiegati per entrambe le finalità; tuttavia, con l'adozione diffusa di

[71] MudaMasters (2015, 28 luglio). *Kanban*. MudaMasters. https://www.mudamasters.com/en/lean-production-lean-toolbox/kanban

[72] Cfr. Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*. CRC Press, pp. 36-41.

una logica Lean, il Kanban relativo ai fornitori per le aziende situate a distanze considerevoli ha prevalentemente assunto una forma *elettronica*, approfondita nel dettaglio al Paragrafo 2.5.9.

Il Kanban di produzione, chiamato anche *Kanban di ordine di produzione* o *Kanban intra-processo*, fornisce al processo a monte informazioni dettagliate sul tipo e sulla quantità di prodotti da realizzare per il processo a valle. In situazioni di lotti di considerevoli dimensioni viene impiegato un Kanban segnale per iniziare la produzione al raggiungimento di una quantità minima di contenitori, ottimizzando così l'efficienza del processo.

Il Kanban di produzione e quello di prelievo devono cooperare sinergicamente per realizzare un sistema pull. Come già indicato nel paragrafo precedente, il flusso viene attivato quando un operatore, al momento dell'utilizzo del primo articolo in un contenitore, rimuove un Kanban di prelievo. Questo specifico cartellino viene poi inserito in una scatola di raccolta nelle immediate vicinanze e successivamente recuperato da un operatore addetto alla movimentazione dei materiali. Quando l'addetto ritorna al supermarket a monte, il Kanban di prelievo viene spostato su un nuovo contenitore di componenti, pronto per la consegna al processo successivo.

Al momento del prelievo di questo contenitore dal supermarket, il Kanban di produzione associato al contenitore viene rimosso e accuratamente posizionato in un'altra scatola di raccolta. L'operatore addetto alla movimentazione dei materiali, operante nel processo a monte, restituisce quindi questo specifico Kanban a tale processo, segnalando la necessità di avviare la produzione di un ulteriore contenitore di parti.

Oltre ai cartellini Kanban di prelievo e di produzione, si manifestano diverse altre tipologie che si distinguono in base al luogo e allo scopo specifico per cui è stato pensato ciascun cartellino[73].

In determinate situazioni in cui un particolare pezzo risulta mancante viene emesso un *Kanban espresso*. Sebbene siano disponibili sia il Kanban di prelievo che il Kanban di produzione per affrontare tali problemi, l'*Express Kanban* è riservato a circostanze straordinarie, come ad esempio la carenza di un materiale necessario per un passaggio di lavorazione successivo, e deve essere ritirato immediatamente dopo che il materiale necessario è stato fornito.

[73] Cfr. Monden (2011), pp. 51-58.

Un'altra tipologia di Kanban emessa in circostanze specifiche è il *Kanban di emergenza*, utile per fronteggiare esigenze immediate quali la compensazione di unità difettose, la risoluzione di problemi tecnici, e la gestione di richieste aggiuntive o operazioni non programmate nel fine settimana. Questo tipo di Kanban può assumere la forma di prelievo o di produzione e, come il Kanban espresso, deve essere recuperato immediatamente dopo essere stato utilizzato.

I Kanban menzionati precedentemente sono destinati alla gestione delle linee di produzione standard. Al contrario, per quanto riguarda le linee di produzione su commessa, viene implementato un *Job-Order Kanban* (traducibile come "*Kanban di commessa*") specificatamente progettato, emesso individualmente per ogni commessa. Questo sistema permette un controllo più mirato e specifico, adattandosi alle esigenze delle commesse singole rispetto alla produzione standard.

Quando due o più processi sono così interconnessi da costituire un unico processo, non è necessario scambiare Kanban tra processi adiacenti. In questo caso, viene impiegato un unico cartellino Kanban condiviso, noto come *Kanban tunnel*. Questo sistema si applica in linee di produzione in cui i pezzi possono passare immediatamente da una fase all'altra attraverso l'utilizzo di uno *scivolo*[74], o in impianti di processo come trattamenti termici, galvanizzazione, sgrassatura o verniciatura, agevolando il flusso senza la necessità di singoli Kanban tra processi direttamente correlati.

2.5.4. One-Card e Two-Cards Kanban

I sistemi Kanban variano non solo in base alla modalità d'impiego o allo scopo per cui vengono concepiti, ma si suddividono anche in due principali categorie aggiuntive: *One-Card* e *Two-Cards*. La distinzione fondamentale risiede nel fatto che i sistemi One-Card impiegano un unico cartellino di produzione, mentre il sistema Two-Cards utilizza due cartellini collegati, di cui uno è dedicato alla produzione e l'altro al prelievo di materiale, entrambi riferiti tuttavia allo stesso articolo.

Il *Kanban One-Card*, considerato il sistema più semplice da adottare, trova applicazione esclusivamente nel contesto del Kanban di produzione (*POK*). Questo metodo si attua quando le stazioni di lavoro a monte e a valle sono fisicamente vicine, agevolando la

[74] Con "scivolo" in questo contesto ci si riferisce a una superficie inclinata o un piano inclinato che consente al pezzo o componente di muoversi dalla linea di produzione corrente alla successiva in modo fluido e controllato.

condivisione di un comune buffer di stock[75]. Il buffer, situato strategicamente, svolge il ruolo di buffer in uscita per la workstation A e in entrata per la workstation B (*Fig. 12*).
Nel metodo One-Card, una volta che un contenitore viene prelevato, il relativo cartellino viene separato e posizionato nella Heijunka della fase precedente, attivando la produzione della quantità predeterminata del componente indicato. Successivamente, il componente viene inserito nel contenitore designato, al quale viene nuovamente fissato il cartellino iniziale.

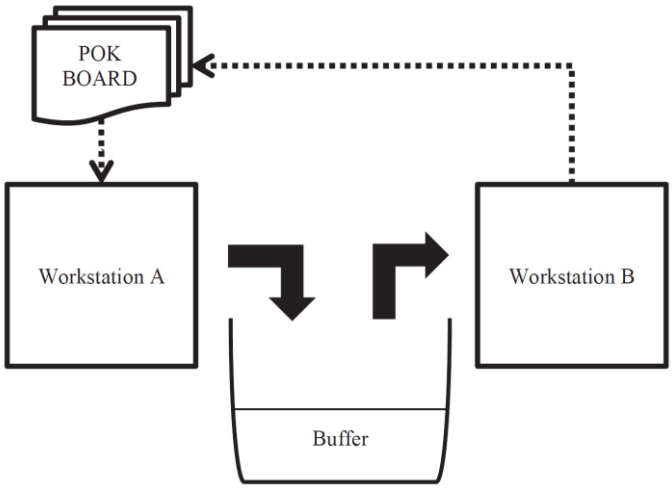

Figura 12: il sistema *Kanban One-Card*[76].

Nel sistema *Kanban Two-Cards*, ogni workstation dispone di buffer separati per le operazioni in entrata e in uscita[77]. Questo approccio è adottato quando i processi a monte e a valle sono distanti, e, a differenza del sistema One-Card, il Kanban-Two Cards risulta più complesso poiché coinvolge due tipi di cartellini con lo stesso codice articolo: non solo quelli relativi al Kanban di produzione, ma anche quelli legati al Kanban di prelievo (*WK*). Nel sistema Two-Cards, ogni contenitore nel buffer in entrata ha un cartellino Kanban di prelievo allegato, così come ogni contenitore nel buffer in uscita ha un cartellino Kanban di produzione (*Fig. 13*). Quando un contenitore viene prelevato dal buffer di ingresso, l'operatore posiziona il cartellino Kanban di prelievo sulla relativa tabella Heijunka. In un secondo momento, un altro operatore utilizza questo cartellino come *distinta di prelievo* per rifornire il buffer di ingresso. Dopo aver rimosso il cartellino dalla Heijunka, individua

[75] Zona intermedia di stoccaggio o riserva che facilita il transito regolare dei contenitori tra le workstation, svolgendo la funzione di ammortizzatore contro le fluttuazioni nel processo produttivo.
[76] Giordano, F., & Schiraldi, M. M. (2013). *On Just-In-Time production leveling*. InTech eBooks. https://doi.org/10.5772/54994
[77] Cfr. Hemamalini, B., & Rajendran, C. (2000). *Determination of the number of containers, production kanbans and withdrawal kanbans; and scheduling in kanban flowshops*. International Journal of Production Research, vol. 38, n. 11, pp. 2549-2572.

il corrispondente cartellino Kanban di produzione nel buffer di uscita. A questo punto, trasferisce la quantità specificata dal buffer di uscita al buffer di ingresso, scambiando simultaneamente il cartellino di produzione con quello di prelievo sul contenitore, ripristinando la situazione iniziale. Infine, l'operatore colloca il cartellino di produzione nella tabella Heijunka corrispondente, permettendo all'operatore della stazione di lavoro di identificare la necessità di rifornire quel tipo di contenitore nel buffer delle scorte in uscita.

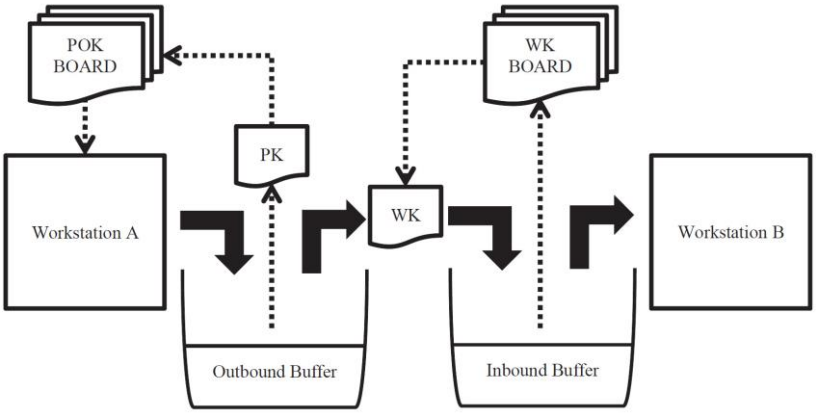

Figura 13: sistema *Kanban Two-Cards*[78].

2.5.5. Dimensionamento dei cartellini Kanban

La configurazione (o il dimensionamento) dei cartellini Kanban implica la corretta determinazione del loro numero al fine di ottimizzare il bilanciamento tra i costi associati allo stoccaggio e i costi legati a potenziali interruzioni nella produzione. Per quantificare il numero di Kanban, è possibile usare la seguente formula[79]:

$$N° \, di \, Kanban = \frac{D * T * (1 + SS)}{Q}$$

Dove:

- *D*: Domanda media o consumo medio giornaliero dei pezzi (espresso in pezzi/tempo);
- *T*: Tempo di copertura, ovvero il periodo di tempo per il quale la scorta presente nel sistema può soddisfare i fabbisogni prima che sia necessario rifornirla;

[78] Giordano, F., & Schiraldi, M. M. (2013).
[79] Pappalardo, F. (2022, 10 gennaio). *Dimensionamento di uno o più kanban*. The Industrial Journal. https://theindustrialjournal.altervista.org/dimensionamento-di-uno-o-piu-kanban/

- *SS*: Scorta di sicurezza, espressa in termini percentuali, che serve a coprire eventuali aumenti della domanda;
- *Q*: Numero dei pezzi presenti in un contenitore (espresso in pezzi/contenitore)[80].

Una volta dimensionato il Kanban, può succedere che possa subire un ridimensionamento nel breve periodo. Questo può derivare dal fatto che, dato un *forecast*[81] iniziale, i consumi si stabilizzano su valori inferiori a quelli previsti. In questi casi, si può procedere ad eliminare dal supermarket cartellini Kanban riguardanti articoli con *rotazione* bassa o pari a zero[82], in modo da ridurre i costi di stoccaggio e ottimizzare la gestione del magazzino.

2.5.6. Le "6 regole" del Kanban

Dopo aver esaminato le fondamentali componenti del sistema Kanban, quali il cartellino visivo e il concetto di supermarket, è importante approfondire le sei regole che costituiscono la base della sua corretta implementazione all'interno di un'organizzazione[83]:

1. *Non consegnare mai prodotti difettosi*: è fondamentale mantenere un alto livello di qualità lungo tutto il processo per evitare problemi a valle. Se questa regola non viene seguita, il sistema Kanban non può funzionare;
2. *Prelevare solo ciò che effettivamente serve*: questa regola cambia il concetto di "approvvigionare" sostituendolo con quello di "prelevare". Effettuare il prelievo solo con il Kanban in risposta a una richiesta reale contribuisce a ridurre l'accumulo di lavoro inutilizzato e a mantenere un flusso più efficiente, poiché assicura che sarà prodotto solo ciò che è stato effettivamente venduto;
3. *Produrre esclusivamente la quantità prelevata*: limitare la produzione alla quantità richiesta aiuta a evitare eccessi di inventario e sprechi, contribuendo a mantenere un flusso più snello. Inoltre, si limitano le scorte di processo al minimo, rendendo

[80] Cfr. Fomir (2022). *Lean: principi e strategie della Lean Production*. Fomir. https://www.fomir.it/uploads/catalog/dispensa_lean_production_edizione_1.2022.pdf
[81] Ovvero "previsione dei consumi".
[82] La rotazione delle scorte può essere calcolata dividendo i ricavi delle vendite di un bene in un determinato periodo di tempo per il valore medio delle scorte di quel bene nello stesso periodo. Una rotazione elevata indica che gli articoli vengono venduti rapidamente e sostituiti, mentre una rotazione bassa suggerisce che gli articoli rimangono più a lungo sullo scaffale prima di essere venduti e quindi sostituiti.
[83] Cfr. Toyota Blog (2013, 31 maggio). *Kanban – Toyota Production System guide*. Toyota UK Magazine. https://mag.toyota.co.uk/kanban-toyota-production-system/

necessario produrre le parti nell'ordine in cui vengono prelevate per prevenire possibili carenze;

4. *Livellare la produzione*: distribuire uniformemente il lavoro nel tempo aiuta a prevenire picchi di attività e congestioni, garantendo una produzione costante e livellandola mediante l'impiego di piccoli lotti. Così facendo, viene stabilizzato il flusso complessivo del processo. Il bilanciamento giornaliero della produzione è essenziale sia per i prelievi in piccoli lotti che per la produzione in piccoli lotti nei processi successivi;
5. *Ottimizzare la produzione*: l'utilizzo del Kanban come strumento per migliorare la visibilità e il controllo del lavoro contribuisce a ottimizzare il flusso complessivo del processo. Per farlo, è necessario che le informazioni riportate nei cartellini siano sempre aggiornate alle parti a cui si riferiscono;
6. *Stabilizzare e razionalizzare il processo*: significa rendere il processo di produzione più stabile ed efficiente. La "razionalizzazione" si riferisce al processo di semplificazione e ottimizzazione per migliorare l'efficienza complessiva. È importante documentare il processo e standardizzarlo, in quanto standard chiari e comprensibili forniscono una solida base affinché l'intero team possa operare con prevedibilità e coerenza.

2.5.7. CONWIP

Un sistema che si presenta come complementare al Kanban, orientato al controllo visivo e alla gestione ottimizzata dei flussi di lavoro, è rappresentato dal *CONWIP.*

Il CONWIP (acronimo di "*CONstant Work-In-Process*") è una tecnica di monitoraggio del flusso di materiale che può essere utilizzato in diverse tipologie di sistemi produttivi. Il suo obiettivo principale è limitare il numero totale di parti ammesse nel sistema in un dato momento, garantendo un equilibrio tra le parti che entrano e quelle che escono.

Per mantenere una produzione ininterrotta, questo sistema richiede tre componenti essenziali:

- Un registro delle attività in attesa (*backlog*) per le parti da produrre.
- Le materie prime indispensabili per le operazioni.
- Un cartellino plastificato che supervisiona e controlla il flusso del processo.

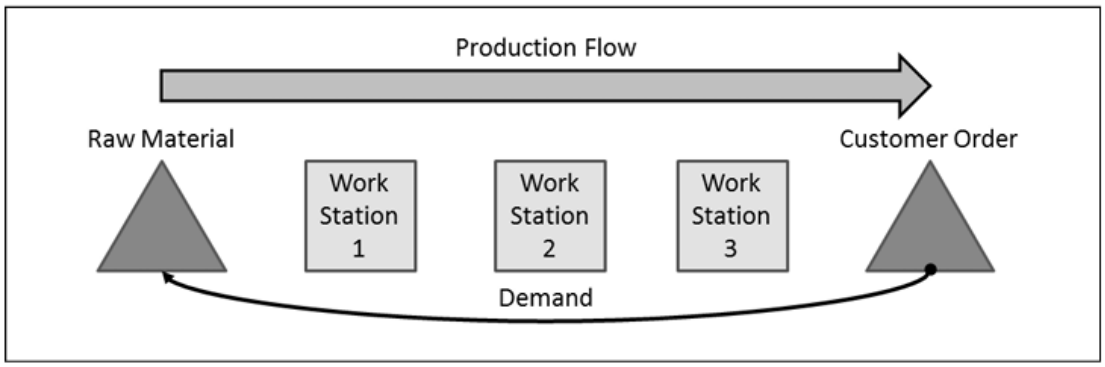

Figura 14: funzionamento del sistema CONWIP[84].

Così, come nel sistema Kanban, anche il CONWIP fa uso di segnali visivi per autorizzare la produzione. Tuttavia, a differenza del Kanban, il CONWIP impiega un'unica categoria di cartellini, non associati al tipo di materiale, ma unicamente alla quantità, al fine di monitorare l'intero WIP all'interno del flusso produttivo. Inoltre, un'ulteriore distinzione per quel che concerne l'assegnazione dei cartellini, nel caso del Kanban, ciascun cartellino è tipicamente associato a una determinata parte, mentre nel sistema CONWIP viene associato a una quantità costante.

Per quanto riguarda il funzionamento, nel sistema CONWIP un cartellino viene applicato su un contenitore che attraversa tutte le fasi della linea produttiva. Una volta che il contenitore raggiunge la fine del percorso, il cartellino viene staccato e il contenitore viene rimandato alla fase iniziale, dove attende l'inizio di un nuovo ciclo produttivo.

Questo sistema può essere descritto come un sistema *ibrido* che si situa a metà tra un approccio pull e uno push, poiché si basa sulla richiesta del cliente (pull), ma mantiene un livello continuo di lavoro in corso WIP per garantire una certa stabilità e prevedibilità nel processo produttivo (push). Il vantaggio chiave derivante da questa tecnica è il controllo costante del livello produttivo della linea, consentendo così di evitare l'avvio di lavorazioni per le quali la capacità effettiva non sia sufficiente. Ciò previene errori di gestione e potenziali colli di bottiglia nel processo produttivo[85].

Nei casi in cui il sistema CONWIP possa generare buffer elevati a causa di un utilizzo intensivo o a causa della presenza di colli di bottiglia, è possibile integrare il controllo Kanban per limitare e controllare questi buffer. In questo modo, quando si verificano problemi nella linea, il sistema ibrido può bloccare il rilascio di pezzi sulla linea stessa fino

[84] Gastermann, B., Stopper, M., & Katalinić, B. (2012). *Adapting CONWIP Characteristics for Conventional Production Planning*. Daam International Scientific Book, p. 559.
[85] Cfr. Utek Vision (2020, 4 settembre). *CONWIP: cos'è e come si applica questa metodologia*. Utek Vision. https://www.utekvision.com/it/blog/conwip.html

a quando i problemi non vengono risolti, agendo in modo simile al CONWIP ma con una gestione più dinamica delle scorte.

2.5.8. Possibili problematiche del sistema Kanban

L'implementazione del sistema Kanban può presentare diverse criticità che richiedono particolare attenzione[86]:

- In presenza di una domanda altamente volatile, le continue azioni correttive per rispondere ai cambiamenti e alle variazioni di mercato potrebbero rallentare i processi;
- Aumentando la distanza tra i diversi processi, si verifica una perdita di visibilità ed efficienza nel monitoraggio del flusso di lavoro;
- L'utilizzo di manodopera specifica per le attività di rifornimento e trasporto dei pezzi, compresi i cartellini, comporta costi aggiuntivi che devono essere considerati attentamente;
- I tempi di setup prolungati possono influire sulla dimensione dei lotti e sull'accumulo di scorte in magazzino. Ciò può interrompere il flusso di lavoro durante l'attesa delle lavorazioni precedenti;
- La necessità di manodopera flessibile è fondamentale per affrontare ritardi potenziali e garantire una gestione efficiente. È molto importante quindi avere dipendenti versatili in grado di svolgere vari compiti all'interno della linea di produzione. Questa versatilità consente loro di adattarsi rapidamente alle esigenze del momento, prevenendo così eventuali interruzioni nel flusso operativo. Senza questa flessibilità, aumenta il rischio che si formino colli di bottiglia, che possono ostacolare gravemente la produttività;
- Il sistema, che si basa su procedure manuali, è soggetto a potenziali errori commessi dagli esseri umani. Un problema comune e che rappresenta un rischio significativo è la perdita dei cartellini. Una tale perdita potrebbe comportare una carenza di materiali, mettendo a repentaglio la fornitura alle stazioni a valle e riducendo di conseguenza il livello di servizio fornito. Per affrontare questo problema, una soluzione alternativa da prendere in considerazione è l'implementazione dell'*E-Kanban*.

[86] Cfr. Galgano, A. (2002). *Le tre rivoluzioni. Caccia agli sprechi: raddoppiare la produttività con la Lean Production*. Guerrini e Associati.

2.5.9. E-Kanban

Le inefficienze di un tradizionale sistema Kanban basato su cartellini sono causate principalmente dalla perdita di produttività associata alla costante manipolazione dei cartellini stessi[87]. Lo spostamento dei cartellini Kanban presenta sempre alcune discrepanze, poiché quasi mai vengono spostati contemporaneamente all'aumento del consumo di materiali. Questo disallineamento nel tempo può portare occasionalmente alla perdita o smarrimento dei cartellini stessi, generando problematiche immediate nella produzione Just-in-Time[88].

Per affrontare efficacemente queste problematiche, la scelta ottimale consiste nell'adottare un sistema computerizzato come l'*E-Kanban* (o *Kanban Elettronico*), che, sfruttando diverse tecnologie, attiva il movimento dei materiali all'interno di un impianto[89]. Questa soluzione, in contrasto con il tradizionale sistema Kanban, impiega cartellini dotati di *codici a barre* (contenenti tutte le informazioni relative all'articolo) o di tecnologie come *NFC* o *RFID*, rappresentando un passo avanti nell'ottimizzazione dei processi di gestione. In questo caso, quindi, all'operatore basterà scansionare il codice dell'articolo prelevato per lanciare una richiesta di fornitura.

Il sistema E-Kanban si distingue per la riduzione degli errori nella gestione dei cartellini e nell'ambito del processo decisionale; inoltre, offre la possibilità di visualizzare in tempo reale lo stato dell'inventario e i segnali di domanda, fornendo un quadro completo dello stato di ogni postazione di lavoro all'interno del sistema[90].

Esistono inoltre molteplici vantaggi rispetto al sistema tradizionale, tra cui:

- Automazione delle attività manuali di gestione dei cartellini e di inserimento ordini;
- Eliminazione del problema di perdita dei cartellini;
- Ottimizzazione rapida ed efficiente dei cartellini Kanban;
- Miglioramento della visibilità in tempo reale dei segnali;
- Comunicazione accurata con i fornitori;

---

[87] Cfr. Drickhamer, D. (2005), *The kanban e-volution*. Material Handling Management, pp. 24-26, http://mhlnews.com/technology-amp-automation/kanban-e-volution

[88] Cfr. Kumar, C. S., Panneerselvam, R. (2007). *Literature review of JIT-KANBAN system*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol.32, pp. 393–408.

[89] Cfr. Surendra, M., Gupta, Y.A.Y., Ronald F.P. (1999). *Flexible Kanban system*. International Journal of Operations & Production Management, vol. 19, no.10, pp. 1065-1093.

[90] Cfr. Muris, L.J., Moacir, G.F. (2010). *Variations of the Kanban system: Literature review and classification*. International journal of Production Economics, vol.125, pp. 13–21.

- Analisi continua dell’efficienza dei fornitori;
- Efficienza nell’analisi e nell’aggiustamento delle quantità Kanban;
- Consegna tempestiva delle richieste;
- Minimizzazione delle carenze di materiali:
- Aumento della trasparenza della catena di approvvigionamento.

In conclusione, il Kanban si configura come uno strumento di grande importanza nel contesto della logistica snella, svolgendo un ruolo cruciale nella sincronizzazione e ottimizzazione dei flussi logistici. Questo si riflette in una catena di approvvigionamento più efficiente, flessibile e focalizzata sulla soddisfazione del cliente. Questa metodologia trova una concreta applicazione nell'approccio innovativo adottato da aziende come Keller & Kalmbach, azienda in cui ho svolto il tirocinio, distributore leader nel settore della viteria specializzata. Attraverso la creazione e la gestione di impianti Kanban, Keller & Kalmbach ha dimostrato con successo come l'implementazione efficace di questo sistema possa contribuire in modo significativo a una logistica snella, garantendo un flusso efficiente e una gestione ottimale degli approvvigionamenti. Nel prossimo capitolo, esploreremo più dettagliatamente la strategia di Keller & Kalmbach nel contesto dell'utilizzo del Kanban per la distribuzione di viteria, evidenziando i benefici tangibili ottenuti attraverso questa pratica gestionale avanzata.

CAPITOLO 3

IL SISTEMA KANBAN NELL'AZIENDA KELLER & KALMBACH

3.1. L'azienda

Con oltre 145 anni di esperienza, Keller & Kalmbach emerge come un'azienda familiare oggi specializzata in elementi di montaggio e tecniche di fissaggio ed esperta nella gestione intelligente di componenti di classe C. L'azienda opera a livello globale, avendo diverse sedi in Europa e nel mondo, fornendo i propri servizi a clienti di vari settori, tra cui l'automotive, l'impiantistica, il trasporto ferroviario, la produzione di macchine agricole e il settore edilizio. Dal 2001 la sede centrale si trova a Unterschleißheim, vicino Monaco, mentre il magazzino centrale e il centro di distribuzione si trovano a Hilpoltstein, nei pressi di Norimberga. Con un team di oltre 1000 collaboratori, Keller & Kalmbach genera un fatturato annuo di oltre 400 milioni di euro, e, dal 2020, può vantare il prestigioso riconoscimento di *TOP-Innovator*, posizionandola tra le aziende di medie dimensioni più innovative in Germania.

Figura 15: la sede principale a Unterschleißheim.

3.2. La storia

Keller & Kalmbach venne fondata a Monaco nel 1878 da Adolf Keller e Heinrich Kalmbach con il nome di *Keller & Kalmbach, Eisen- & Eisenwarenhandlung*, partendo come piccola bottega di viteria e diventando presto l'azienda del settore più importante della città. In pochi decenni vennero aperte altre sedi in Germania e a partire dagli anni '60 del secolo

scorso Keller & Kalmbach era già affermata come primo distributore di viti tedesco dell'industria automobilistica contando clienti come Volkswagen e BMW. Nel 1987 Keller & Kalmbach realizza il suo primo sistema *Kanban a due contenitori* presso Siemens e nel 1996 inizia la sua espansione a livello globale con l'apertura di una filiale ad Hong Kong.
Nel 2009 entra in funzione il nuovo magazzino centrale e centro di distribuzione di Hilpoltstein, che dopo l'ampliamento del 2016 è oggi uno dei più moderni ed efficienti sul mercato. Sempre nel 2009 è stato istituito a Hilpoltstein il dipartimento per la garanzia della qualità, che garantisce la qualità dei prodotti con le sue certificazioni, come DIN EN ISO 9001:2015 o VDA 6.2.
Nel 2011 l'azienda ha implementato i primi sistemi con funzione RFID, quali *turnLOG* e *pushLOG*, consentendo ai clienti di ottenere una gestione degli articoli di classe C ancora più efficiente ed economica.
Nel 2016 Keller & Kalmbach ha introdotto *eLogistics*, una soluzione software intelligente per la gestione automatizzata delle merci. Questo programma semplifica il controllo di tutti i flussi di materiali e delle informazioni relative agli articoli con i fabbisogni ricorrenti, rendendo questa piattaforma la prima ad offrire una connessione diretta con fornitori terzi.
Negli ultimi anni l'azienda ha continuato la sua evoluzione digitale, sviluppando soluzioni innovative e rafforzando il proprio ruolo come uno dei principali fornitori di sistemi di articoli di classe C, riflettendo quella che è la propria *mission*, ovvero l'ottimizzazione della catena di fornitura.

3.3. Gestione di articoli di classe C

Keller & Kalmbach ha costantemente evoluto le proprie soluzioni Kanban e i sistemi logistici fin dal 1988, quando il primo sistema di gestione di *C-Parts*, un Kanban a due contenitori, è stato implementato con successo presso Siemens. Da allora l'azienda ha iniziato un percorso che l'ha portata a realizzare oltre 3.000 impianti con successo.
Con l'evolversi delle richieste nel C-Parts-Management e nella fornitura della produzione, caratterizzate da una complessità crescente e da tempi di risposta più rapidi, la capacità di Keller & Kalmbach di adattarsi con flessibilità a questi nuovi requisiti diventa sempre più cruciale. Oggi, l'impulso per l'ottimizzazione dei processi logistici non proviene più principalmente da sistemi centralizzati, ma da sistemi capaci di gestire gli ordini automaticamente. In questo scenario, Keller & Kalmbach gioca un ruolo fondamentale.

Attraverso soluzioni personalizzate di C-Parts-Management, Keller & Kalmbach assiste i propri clienti nell'ottimizzazione dei processi, garantendo maggiore efficienza nel lungo periodo. Questo approccio non solo genera un risparmio in termini di tempo e costi per i clienti, ma assicura anche un utilizzo efficiente delle risorse a lungo andare. Le soluzioni fornite da Keller & Kalmbach sono impiegate per la fornitura, il magazzinaggio e la disponibilità di articoli di classe C, sia nella produzione di serie che nella manutenzione.

3.3.1. Analisi ABC

Il concetto di articoli di classe C deriva dall'*analisi ABC*, uno strumento universale progettato per distinguere tra necessità essenziali e non essenziali. Quest'analisi consiste in una tecnica di gestione degli stock che classifica gli articoli in base alla loro importanza in termini di valore in cui le categorie A, B e C rappresentano diversi livelli di priorità. La gestione delle scorte di magazzino richiede invero un approccio differenziato, in quanto alcune componenti sono di cruciale importanza e richiedono una gestione più complessa, mentre altre sono meno rilevanti e necessitano di una gestione più efficiente e semplificata. Questa analisi si focalizza soprattutto sulla relazione tra quantità e valore, offrendo così una prospettiva chiara sulla gestione delle risorse in base all'importanza relativa degli articoli. Inoltre, permette una gestione differenziata del materiale così classificato, consentendo un'ottimizzazione dei processi di approvvigionamento ed evitando *rotture di stock*[91] o scorte eccessive. Ciò si traduce in una strategia più mirata ed efficiente per gestire le diverse classi di articoli, adattando gli sforzi in base alla loro importanza e contribuendo complessivamente all'ottimizzazione dell'intero processo di approvvigionamento.

Nell'analisi ABC, i pezzi e le merci vengono classificati in base al loro valore complessivo. Questo approccio analitico si basa sulla *legge di Pareto*[92], che sostiene che la maggior parte degli effetti è il risultato di un numero ristretto di cause: secondo questa teoria, approssimativamente l'80% degli effetti è attribuibile al 20% delle cause.

Tipicamente, il risultato mostra che gli articoli di *classe A*, ovvero articoli ad alta priorità, costituiscono dal 60% all'80% del valore totale degli acquisti, ma rappresentano solo dal

[91] Situazione che si verifica quando un'azienda esaurisce completamente le scorte di un determinato prodotto e non è in grado di soddisfare la domanda dei clienti per quel prodotto.

[92] Cfr. Ravinder, H., & Misra, R. B. (2014). *ABC Analysis for Inventory Management: Bridging the gap between research and classroom*. American Journal of Business Education, *7*(3), pp. 257–264. https://doi.org/10.19030/ajbe.v7i3.8635

15% al 20% del numero totale di articoli acquistati in termini di quantità. Per gli articoli di *classe B*, vale a dire articoli a priorità moderata, la percentuale di valore di acquisto oscilla tra il 10% e il 25%, ma la percentuale sulla quantità acquistata si colloca tra il 25% e il 30%. Di conseguenza, gli articoli a bassa priorità di *classe C*, che rappresentano dal 5% al 15% del valore complessivo, costituiscono invece dal 70% al 90% della quantità totale.

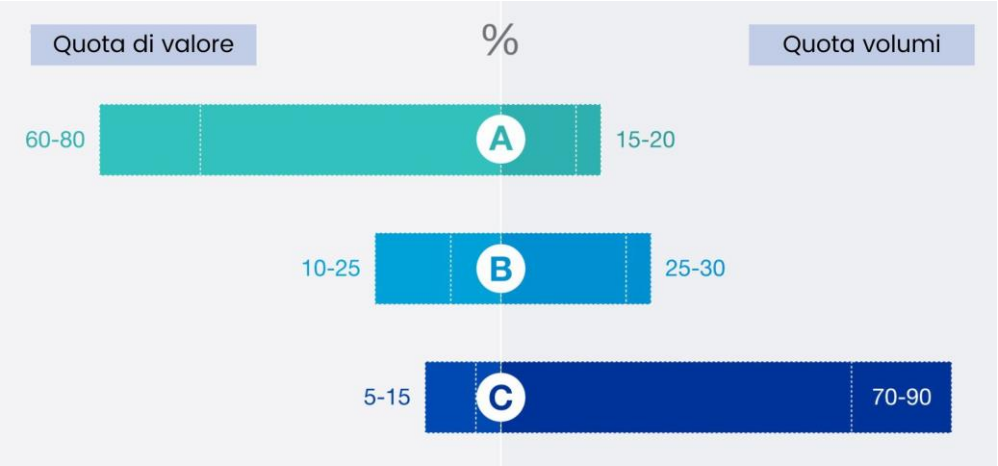

Figura 16: analisi ABC[93].

Questa suddivisione evidenzia come una parte significativa degli articoli, in termini di quantità, appartenga alla classe C, pur contribuendo in modo minore al valore complessivo degli acquisti.

Operare una distinzione tra articoli di classe A e B e articoli di classe C risulta pertanto logico per garantire l'economicità del processo di acquisto. Le aziende, infatti, fanno uso sia di articoli di classe A e B, i quali hanno un costo elevato in termini di valore dell'articolo, sia di articoli di classe C standardizzati, caratterizzati da un valore individuale limitato. Questi ultimi possono includere pezzi standard e DIN come viti, bulloni, dadi, rondelle, coppiglie e molti altri prodotti simili.

Sebbene gli articoli di classe C solitamente contribuiscano in modo limitato al valore complessivo, gli oneri ad essi associati in termini di lavorazione e approvvigionamento, oltre che amministrativi, risultano notevolmente elevati, spesso superando il valore del materiale stesso.

Il C-Parts-Management di Keller & Kalmbach interviene specificamente su questo aspetto per ottimizzare l'approvvigionamento degli articoli di classe C, compreso il loro stoccaggio e la distribuzione nei luoghi di utilizzo. Questo servizio è personalizzato per adattarsi

[93] Keller & Kalmbach Italia (2023). *Cosa sono le c-part e cos'è l'analisi ABC?* LinkedIn. https://www.linkedin.com/company/keller-kalmbach-srl/

all'infrastruttura specifica di un'azienda, coinvolgendo tutti gli attori che hanno un ruolo nel settore degli acquisti, della gestione dei materiali, del montaggio e del personale aziendale.

3.4. Keller & Kalmbach Italia

In Italia, Keller & Kalmbach ha sede a Este, in provincia di Padova. È nata nel 2013 come risultato di un'idea proposta da Stefano Carotti, attuale amministratore delegato della filiale italiana, che attraverso la sua visione imprenditoriale e un business plan accuratamente elaborato, ha convinto la dirigenza tedesca dell'opportunità di espandersi nel mercato italiano. Partendo da un progetto composto inizialmente da tre persone, oggi Keller & Kalmbach Italia (KKI) può contare su clienti dentro e fuori il territorio nazionale, vantando un team composto da quasi trenta collaboratori, tra interni ed esterni, e registrando un fatturato di oltre dieci milioni di euro, di cui il 70% derivante da clienti che utilizzano il sistema Kanban, sia *full* che *VPE*[94].

Ad oggi, KKI risulta essere uno dei principali distributori B2B di viteria e bulloneria in Italia, differenziandosi da altri competitors in quanto mira in particolare alla *customer satisfaction*, realizzando impianti Kanban *su misura*.

A partire dalla prossima sezione vedremo come Keller & Kalmbach Italia realizza i suoi impianti Kanban a due contenitori, partendo dalla richiesta del cliente fino ad arrivare all'implementazione finale, evidenziando in particolar modo i benefici ottenuti.

3.4.1. Il cliente

Keller & Kalmbach Italia può contare nel suo *portfolio clienti* piccole e medie imprese, ma talvolta anche grandi, di diversi settori che variano dall'automotive all'agricoltura. Ciò che accomuna queste aziende è la necessità di ottimizzare le scorte di magazzino assicurandosi un rifornimento costante e puntuale di minuteria, un'area in cui KKI è specializzata.

La ricerca di potenziali clienti può iniziare sia da KKI che dai clienti stessi, soprattutto se questi ultimi gestiscono un magazzino tradizionale, basato su stime e cicli di riordino

[94] La distinzione tra il *full Kanban* e il *Kanban VPE* risiede nel fatto che, nel primo scenario, il cliente restituisce la vaschetta vuota al fornitore, il quale, dopo averla riempita, la riconsegna al cliente. Al contrario, nel secondo caso, il fornitore invia al cliente una quantità predeterminata di materiale all'interno di una scatola o di un contenitore senza richiedere la restituzione della vaschetta vuota.

regolari. In questo caso, possono essere interessati a ottimizzare i costi e i processi, mediante la conversione del loro sistema di gestione del magazzino a un metodo Kanban.

3.4.2. L'inizio del progetto

Dopo il primo contatto tra KKI e il cliente, quest'ultimo invia all'azienda un file Excel contenente tutto il materiale di cui ha bisogno, che può essere più o meno tradizionale a seconda dei casi. Invero, Keller & Kalmbach offre una vasta selezione di prodotti, con un inventario[95] che comprende oltre 110.000 articoli standard e più di 30.000 articoli speciali e personalizzati disponibili in magazzino. Oltre a ciò, fornisce circa 900.000 componenti tipici del settore industriale come parte delle soluzioni Kanban.

Il file, arrivato negli uffici del *CLS*[96], viene analizzato, e il materiale richiesto al suo interno, dopo un'eventuale decodifica, viene associato a un codice KK.

Nel caso in cui il materiale richiesto non fosse già disponibile in magazzino, situazione che può verificarsi quando il cliente richiede un componente di un materiale particolare o con un disegno specifico, il componente interessato viene trasmesso all'ufficio acquisti, il quale si incaricherà di individuare il fornitore adatto per procurare o realizzare il suddetto componente richiesto.

Una volta che ogni articolo richiesto dal cliente viene associato a un codice KK presente in magazzino, viene formulata un'offerta commerciale per il cliente stesso. Se accettata, ciò porterà alla stipula del contratto e conseguentemente all'inizio della progettazione dell'impianto Kanban.

Il primo step consiste nel calcolare la quantità di materiale da inserire in ciascuna vaschetta. Il cliente, contestualmente alla tipologia di materiale richiesto, fornisce il consumo per articolo degli ultimi due anni. Il consumo medio ricavato fungerà da parametro per il forecast di ogni componente, il quale, a sua volta, sarà utilizzato come base per stabilire la quantità *iniziale* di materiale da allocare in ciascuna vaschetta dell'impianto Kanban. Il *forecast* consiste invero in una stima o una proiezione futura di un determinato fenomeno o valore, in questo caso il consumo annuale per articolo, ed è strettamente legato alla gestione efficiente delle forniture e alla pianificazione della produzione, in particolare nei settori manifatturieri e logistici. Determinare il forecast del

[95] Keller & Kalmbach Italia non ha un vero e proprio magazzino, in quanto tutto il materiale che fornisce arriva direttamente dal magazzino di Hilpoltstein, in Germania.
[96] *Customer Logistic Services*, cuore pulsante della progettazione dei sistemi Kanban in Keller & Kalmbach.

materiale è importante in quanto fornisce una solida base per la pianificazione e l'esecuzione efficace dei processi Kanban. Nonostante ciò, l'utilizzo di un forecast per stabilire l'inventario iniziale e il livello di riordino rimane ancorato a una prospettiva *push*, poiché si cerca di anticipare la domanda futura basandosi sui consumi passati. Nel corso del tempo, tuttavia, questo approccio evolve verso una logica *pull*, come previsto dal tradizionale Kanban. Dopo l'implementazione iniziale, si monitora attentamente il flusso di lavoro, si misurano i lead time e si valuta la domanda reale del cliente. Successivamente, si adattano i livelli di inventario[97] per allinearsi meglio con una logica pull, dove il rifornimento avviene solo in risposta a una richiesta effettiva.

Una volta determinato il forecast di partenza, è importante stabilire la corretta quantità di materiale da riporre nelle vaschette. Keller & Kalmbach utilizza vaschette del tipo *KLT*, le quali prendono il nome di *KK RL – KLT*, che grazie alla loro leggerezza, ergonomia e il rispetto di elevati standard di qualità, le rendono particolarmente adatte per minuterie varie. Queste caratteristiche, unite alla possibilità di impilamento che consente di massimizzare lo spazio verticale, le rende preferibili ad altre vaschette. In base alla quantità e alla tipologia di materiale richiesto, KKI, utilizza vaschette di tre diverse dimensioni che prendono il nome di 2147, 3147 e 4147, rispettivamente piccola, media e grande, che differiscono per larghezza e profondità ma non per altezza[98], in modo da poter essere facilmente inserite in ogni ripiano di qualsiasi scaffalatura. Il vantaggio che offre Keller & Kalmbach, da questo punto di vista, è che non si limita a una quantità minima da porre in vaschetta, ma cerca di adattarla sulla base dei bisogni del cliente. Mentre altri competitors pensano a una quantità minima da inserire, che spesso corrisponde alla vaschetta piena, KKI utilizza come quantità minima di riferimento la confezione in cui il proprio fornitore invia il materiale. In questo modo, inserendo una quantità di materiale adeguata, che non risulti eccessiva per il cliente, si garantisce anche un lead time di riordino regolare, evitando che trascorrano lunghi periodi prima che la merce venga movimentata.

[97] Vengono adattati di anno in anno.

[98] La vaschetta 2147 è 15x20 cm, la 3147 è 20x30 cm e la 4147 è 30x40. Pur differendo per ampiezza e profondità, tutte presentano un'altezza di 15 cm.

Per assicurare la corretta quantità da inserire in una vaschetta, KKI utilizza la seguente formula[99]:

$$Qta.\,in\ vaschetta = \frac{\frac{X}{10}}{4} * 3$$

Dove:

- X: rappresenta il forecast annuale;
- 10: rappresenta il numero di mesi in cui è suddiviso l'anno fiscale;
- 4: rappresenta il numero di settimane in un mese;
- 3: rappresenta il numero di settimane che una vaschetta deve indicativamente coprire.

Questa formula può essere riscritta come:

$$Qta.\,in\ vaschetta = \frac{X}{10} * \frac{3}{4}$$

In cui:

- $\frac{X}{10}$: rappresenta il forecast mensile medio;
- $\frac{3}{4}$: rappresenta il fattore di correzione per adattare il calcolo alle settimane che una vaschetta deve coprire.

In questo modo, Keller & Kalmbach garantisce una copertura di materiale di tre settimane a vaschetta, che nel caso del sistema a due contenitori equivale a una copertura di un mese e mezzo, creando così una *forbice di sicurezza*. Questo arco temporale non solo assicura il soddisfacimento del fabbisogno di materiale durante il processo di riordino, ma consente anche di gestire con successo eventuali aumenti imprevisti dei consumi[100].

Nel processo di quantificazione del materiale da allocare in ciascuna vaschetta, emergono due varianti che possono influire sulla quantità inizialmente pianificata:

- *Peso della vaschetta*: Keller & Kalmbach, in linea con una ferma dedizione al benessere e alla sicurezza dei propri operatori, ha implementato una politica che limita il peso massimo di materiale da inserire nelle vaschette dell'impianto

[99] Il risultato di tale calcolo verrà poi arrotondato in base alla quantità prevista nella confezione del fornitore quel determinato articolo.

[100] Nel caso cui questi aumenti di consumo diventassero *regolari*, si provvederà ad aumentare la quantità prevista in vaschetta.

Kanban a non più di 15 kg per vaschetta. Questa decisione è stata presa prioritariamente per salvaguardare la salute degli operatori, in particolare per prevenire problemi alla schiena derivanti da sollevamenti pesanti e movimenti ripetitivi.

Il riconoscimento del valore della sicurezza ha portato Keller & Kalmbach a valutare attentamente le condizioni di lavoro e a adottare misure concrete per ridurre il rischio di infortuni legati al sollevamento di pesi eccessivi. Questa politica non solo risponde alle normative sulla salute e sicurezza, ma dimostra anche l'impegno dell'azienda nel creare un ambiente di lavoro sicuro e sostenibile.

Per garantire un'efficace gestione del materiale, Keller & Kalmbach propone l'utilizzo di più vaschette dello stesso articolo, anche se non completamente piene, al fine di distribuire il peso in modo più equilibrato e rimanere entro i limiti prestabiliti. Adottando questa strategia, non solo si preserva il benessere dei lavoratori, ma si migliora anche la gestione delle scorte e si semplificano le attività quotidiane nel contesto dell'impianto Kanban. In questo caso, KKI applica alcuni dei principi delle 5S, come *Seiton*, poiché limitare il peso delle vaschette potrebbe essere una misura organizzativa per facilitare lo spostamento, la gestione e la manipolazione delle stesse. Inoltre, la pratica di stabilire un limite di peso per le vaschette può essere considerata come un passo verso la standardizzazione (*Seiketsu*), contribuendo a garantire coerenza nelle operazioni aziendali.

- *SEP*: Keller & Kalmbach ha implementato una strategia di *pricing* focalizzata sull'efficienza e sull'equilibrio finanziario all'interno del proprio sistema Kanban. Per ogni articolo di minuteria, l'azienda stabilisce uno *Strategic Purchasing Price* (SEP) specifico, che costituisce il punto di partenza per il calcolo del prezzo di vendita finale di ciascun articolo. Questo prezzo standard rappresenta il costo medio di ogni articolo, comprensivo dei costi accessori di trasporto e magazzino, e varia in base al tipo di materiale e alla quantità di pezzi (solitamente calcolato su base di 1000 o 100 pezzi a seconda dell'articolo).

  Per garantire una condizione di economicità aziendale, Keller & Kalmbach si è posta un SEP di riferimento di 15 euro per ciascuna vaschetta, il cui valore rappresenta il punto in cui i costi di produzione e distribuzione sono bilanciati o inferiori ai ricavi generati dalla vendita. Nonostante i diversi SEP per articolo, l'obiettivo è che il costo complessivo raggiunga o superi la soglia di 15 euro per

garantire la sostenibilità finanziaria dell'azienda. Nel caso in cui il costo dovesse risultare inferiore a tale soglia, e a condizione che il peso massimo di 15 kg lo permetta, Keller & Kalmbach provvederà ad aumentare la quantità di materiale, ma mai superiore al fabbisogno annuale, in modo da mantenere una condizione di redditività.

Dopo aver stabilito la quantità di materiale, la *frequenza di rotazione*, la tipologia e la quantità di vaschette in cui collocarlo, gli articoli vengono meticolosamente ordinati al fine di facilitare il prelievo da parte degli operatori. In particolare, si procede con la suddivisione delle viti, dadi e rondelle, catalogandoli per classe, materiale e dimensione. Successivamente, vengono inclusi gli altri articoli, quali golfari, tiranti, ingrassatori e una varietà di altri componenti. Una volta suddivisi in ordine, ad ogni articolo viene associata una precisa ubicazione, che aggiungendosi alle informazioni precedentemente inserite contribuisce a formare il PFEP dell'azienda. Successivamente, sulla base delle vaschette utilizzate, è possibile quantificare il numero di scaffali necessario per contenere il materiale[101]. Qualora fossero presenti diverse linee di produzione da gestire oltre al supermarket centrale, Keller & Kalmbach, attraverso l'utilizzo combinato di una Spaghetti Chart e del Milk Run, è in grado di fornire soluzioni ottimizzate per agevolare le operazioni di prelievo del cliente.

Prima di procedere con la creazione dei cartellini Kanban, l'ultimo passo riguarda la scelta della tecnologia da associare a tali cartellini per gestire il processo di riordino del materiale. Keller & Kalmbach propone, oltre all'impiego del classico palmare per scansionare i barcode, l'utilizzo di diversi strumenti che sfruttano la tecnologia *NFC* o *RFID* al posto del tradizionale codice a barre.

3.4.3. Soluzioni Kanban con tecnologia RFID e NFC

Nel contesto del Kanban elettronico, come discusso nel Paragrafo 2.5.9, un cartellino Kanban con codice a barre lineare viene letto da uno scanner dedicato che utilizza laser o fotocellula per rilevare la configurazione delle linee e degli spazi. La larghezza delle linee si traduce in un codice numerico univoco, che, una volta scansionato e caricato nel sistema

[101] Ciascuno degli scaffali, alti circa 2 metri, è composto da nove ripiani, di cui il primo è appositamente riservato per ospitare le vaschette vuote. Ogni ripiano è progettato per sostenere 250 kg di materiale, con una lunghezza di 120 cm (spalle escluse) e una profondità di 80 cm.

gestionale aziendale, fornisce informazioni specifiche sul prodotto o sulla componente, permettendo così di avviare successivamente un ordine di ripristino.

I cartellini utilizzati da Keller & Kalmbach possono adottare, alternativamente al tradizionale codice a barre lineare, la tecnologia NFC o RFID in base alle specifiche esigenze del cliente. Entrambe consistono in tecnologie che svolgono un ruolo fondamentale nell'Industria 4.0.

La tecnologia *NFC* (*Near Field Communication*) è una forma di comunicazione wireless a breve raggio che permette lo scambio di dati tra dispositivi vicini[102]. Fondata su principi di induzione elettromagnetica, l'NFC consente ai dispositivi compatibili, come smartphone o schede NFC, di interagire semplicemente avvicinandosi. Nei sistemi Kanban, l'uso di Tag NFC su ciascun cartellino permette la memorizzazione di informazioni specifiche sul prodotto o sulla componente. Avvicinando il cartellino a un dispositivo NFC, come uno smartphone, le informazioni vengono lette e trasmesse in tempo reale al sistema gestionale aziendale, facilitando il monitoraggio e accelerando i processi di riordino. L'NFC offre diversi vantaggi quali una lettura del Tag rapida e senza contatto, la capacità di scambio bidirezionale delle informazioni[103] e la semplicità d'uso, superando in certi contesti i codici a barre tradizionali.

L'*RFID*, acronimo *di Radio-Frequency Identification*, è una tecnologia che utilizza onde radio per identificare e tracciare oggetti dotati di un Tag RFID. Questi Tag sono univoci[104] e possono essere passivi (senza batteria, alimentati dalle onde radio del lettore) o attivi (con una batteria che trasmette attivamente segnali radio).

Nel contesto di un cartellino Kanban, l'RFID può essere impiegato sostanzialmente allo stesso modo dell'NFC. Ogni cartellino può essere dotato di un Tag RFID che memorizza informazioni specifiche sul prodotto o sulla componente. Quando il cartellino viene avvicinato a un dispositivo RFID, come un lettore, le informazioni vengono lette e possono essere trasmesse immediatamente al sistema gestionale aziendale.

Le principali differenze tra NFC e RFID sono tipicamente attribuite al raggio di comunicazione e alla capacità di scambio di dati: l'RFID è in grado di operare a distanze

[102] Cfr. Intervista.it. (n.d.). *NFC*. Intervista.it. https://www.intervista.it/glossario/nfc/

[103] Oltre a leggere dati dal Tag NFC, è possibile anche scrivere dati su di esso. Questo può essere utile per aggiornare dinamicamente le informazioni sul Tag.

[104] A differenza del barcode, che può essere aggiornato ogni qual volta che un codice articolo associato viene cambiato, il Tag deve essere sostituito con uno nuovo da associare al nuovo codice articolo.

maggiori rispetto all'NFC e può gestire più informazioni grazie ai Tag attivi, ma richiede una maggiore potenza per poter funzionare.

Come menzionato alla conclusione del paragrafo precedente, Keller & Kalmbach propone varie soluzioni Kanban che sfruttano la tecnologia RFID e NFC. Queste soluzioni offrono opzioni personalizzabili, contribuendo in modo significativo alla riduzione dei costi di processo. Tra queste si trovano:

- *turnLOG*: questo dispositivo utilizza la tecnologia NFC per inviare segnali di riordino e funziona semplicemente ruotando la vaschetta. Nel momento in cui il contenitore viene ruotato, il transponder viene letto ed emette un segnale corrispondente. Tuttavia, per quanto funzionante, questo processo risulta poco pratico, in quanto l'operatore deve personalmente effettuare l'operazione di rotazione della vaschetta, comportando la necessità di rimuoverla, eseguire la rotazione e quindi reinserirla nella posizione originaria;
- *pushLOG*: anche il pushLOG utilizza tecnologia NFC ed è la soluzione migliore per gli articoli pesanti o ingombranti che non possono essere conservati nei contenitori convenzionali. È caratterizzato da un pulsante che deve essere attivato ogni volta che viene prelevato un componente dalla sua posizione. È possibile configurarlo in modo tale che, ad ogni pressione, possa effettuare automaticamente un ordine o, in alternativa, programmarlo affinché generi un ordine dopo un certo numero di prelievi consecutivi, fungendo così da contatore e attivatore dell'operazione di rifornimento;
- *weightLOG*: sostituisce il classico sistema a due vaschette con una singola vaschetta dotata di una specifica bilancia in grado di pesare il materiale al suo interno. Una volta che viene raggiunta una soglia di peso ritenuta critica, che corrisponde a una certa quantità di materiale, viene inviato in automatico un ordine di ripristino senza l'intervento dell'operatore. L'utilizzo di questo sistema richiede estrema attenzione, in quanto il rischio che presenta è che al momento del rifornimento il materiale venga semplicemente *travasato* nella vaschetta, lasciando quello residuo in fondo. Questo può comportare il potenziale deterioramento del materiale presente da più tempo e, in particolare, il rischio di arrugginimento, che potrebbe estendersi anche al materiale sovrastante;
- *dropLOG*: questo sistema è ampiamente adottato poiché contribuisce a ridurre l'ingombro causato dalle vaschette vuote. Il dropLOG consiste in un box RFID

posizionato lateralmente all'impianto Kanban, nel quale vengono collocate le vaschette vuote. Una volta inserite, tale box non solo funge da contenitore, ma attiva automaticamente l'invio di un ordine di rifornimento per ciascuna vaschetta inserita;

- *moveLOG*: quando un operatore ha terminato di recuperare tutte le vaschette vuote, le carica su un carrello e attraversa il gate RFID chiamato moveLOG. In modo automatico, il sistema rileva e registra tutte le vaschette vuote presenti nel carrello. In questo processo, il sistema trasmette automaticamente i file contenenti le informazioni rilevate al magazziniere, consentendogli di iniziare tempestivamente la preparazione del materiale;
- *parkLOG*: questo sistema impiega un *tappetino* RFID situato nel ripiano superiore vuoto della scaffalatura. Ogni volta che una vaschetta viene collocata sul tappetino, il parkLOG invia automaticamente un ordine di ripristino.

Figura 17: dropLOG posto a fianco di un supermarket Kanban di Keller & Kalmbach[105].

Secondo una ricerca svolta presso l'Università Tecnologica di Graz, in Austria, l'introduzione di un sistema RFID digitalizzato come quello proposto da Keller & Kalmbach si dimostra efficace nel rendere la logistica Milk Run ancora più efficiente, accelerando la strategia di distribuzione e riducendo significativamente la movimentazione interna della merce. Nel dettaglio, la ricerca svolta in uno scenario di prova all'interno dell'università, evidenzia che in assenza di digitalizzazione, il ciclo di approvvigionamento medio della logistica Milk Run richiedeva 66,6 secondi, mentre, con

[105] Keller & Kalmbach (n.d.). *C-Parts-Management: ottimizzazione dei processi, riduzione dei costi*. Keller & Kalmbach. https://keller-kalmbach.it/service/c-teile-management

l'introduzione di un programma digitale, il tempo di consegna delle merci è stato notevolmente abbreviato a 30,2 secondi, sottolineando l'impatto positivo della digitalizzazione sull'efficienza del processo logistico[106].

3.4.4. I cartellini Kanban di Keller & Kalmbach

Una volta completati tutti i passaggi, viene inviata una richiesta all'ufficio CLS tedesco che provvederà alla creazione degli appositi cartellini Kanban, specificando al momento della richiesta se si tratta di un supermarket, di una linea o di un'*isola*[107].

Generati i cartellini, questi vengono spediti al cliente, dove l'operatore responsabile si occuperà di applicare ciascun cartellino sulla rispettiva vaschetta, riponendo accuratamente queste ultime nelle posizioni corrette sugli scaffali.

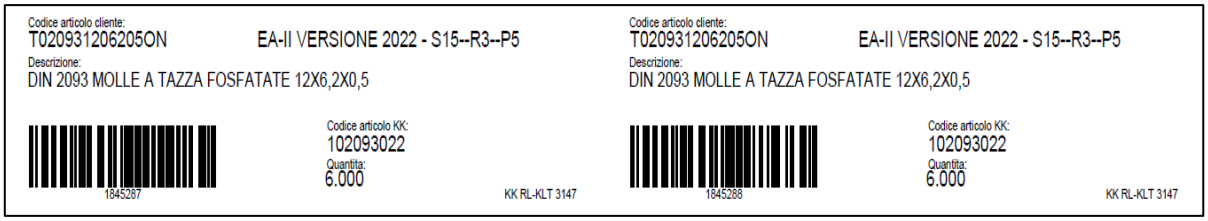

Figura 18: esempio di cartellini Kanban realizzati per EA S.r.l. da applicare alle relative vaschette.

I cartellini Kanban di KK differiscono a seconda della tecnologia utilizzata. Infatti, mentre i cartellini letti tramite codice a barre presentano il barcode integrato nel cartellino (*Fig. 18*), nel caso dei cartellini che sfruttano la tecnologia RFID (*Fig. 19*), questi presentano un Tag univoco separato dal cartellino (*Fig. 20*).

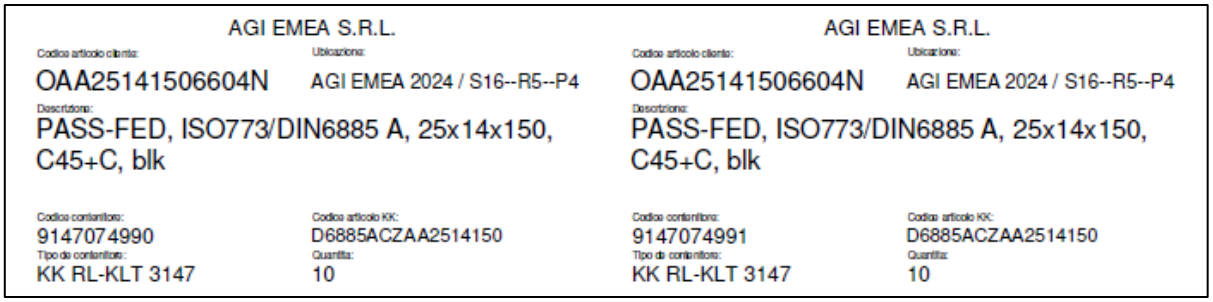

Figura 19: esempio di cartellini Kanban realizzati per AGI EMEA S.r.l. da applicare alle relative vaschette.

---

[106] Cfr. Gotthardt, S. J., Hulla, M., Eder, M., Karre, H. D., & Ramsauer, C. (2019). *Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line*. Procedia Manufacturing, 31, pp. 175–179. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.028

[107] *Isola* si riferisce a una configurazione in cui i flussi di lavoro sono organizzati in unità indipendenti o celle. Ogni "isola" rappresenta un'area autonoma con un proprio processo o linea di produzione, e può implementare il proprio sistema Kanban locale per gestire il flusso di lavoro specifico alla sua unità.

Figura 20: i Tag univoci relativi ai cartellini della *Fig. 19.*

Per ciascun articolo, indipendentemente dalla tecnologia utilizzata, vengono prodotti tre cartellini: due sono *veri* cartellini Kanban (*Fig. 18* e *Fig. 19*) e vengono applicati, eventualmente insieme ai relativi Tag nel caso si sfrutti la tecnologia RFID (*Fig. 20*), direttamente sulle rispettive vaschette. Un terzo cartellino, eventualmente privo del codice di lettura[108], viene collocato nella posizione corrispondente sullo scaffale per favorire una più accurata organizzazione e gestione visiva del materiale.

Inoltre, a differenza di quanto affermato nel Paragrafo 2.5.1, KKI non include un lead time di ripristino nei suoi cartellini. Di conseguenza, può garantire una copertura minima di tre settimane per ciascun materiale presente in magazzino e concordare con il cliente una frequenza di consegna fissa per ogni articolo.

3.4.5. La fine del progetto

Dopo aver applicato tutti i cartellini alle rispettive vaschette e posizionato ciascuna vaschetta nel relativo scaffale, l'ultimo passo consiste nell'avviare una richiesta di rifornimento del materiale, attivando così il flusso di lavoro previsto dal sistema Kanban. Una volta effettuato il primo rifornimento, il sistema è pronto per funzionare correttamente.

Periodicamente, solitamente ogni anno, KKI svolge un'analisi accurata dei consumi dei clienti, valutando gli articoli ad alta e bassa rotazione. Durante questa analisi, vengono stimati gli articoli che potrebbero necessitare di una variazione della quantità di materiale presente in vaschetta e quelli che invece potrebbero essere rimossi dall'impianto Kanban. Una volta individuati, ne viene fatta comunicazione al cliente, il quale decide per quali articoli modificare la quantità e quali rimuovere. Questa pratica consente al cliente non

[108] Non è presente quando si sfrutta la tecnologia RFID.

solo di ottimizzare l'impianto e il relativo spazio occupato[109], ma anche di ridurre i costi associati a gestione, stoccaggio e obsolescenza.
Si può notare quindi come KK ciclicamente adotti un approccio PDCA (visto al Paragrafo 2.3.5), dove la prima fase relativa alla pianificazione (*Plan*) è data dall'associazione del materiale richiesto dal cliente a un codice KK e il relativo calcolo della quantità necessaria da inserire in vaschetta sulla base del forecast fornito inizialmente. La seconda fase, quella di esecuzione (*Do*), riguarda la formulazione dell'offerta commerciale e la progettazione dell'impianto Kanban, se si tratta di un nuovo cliente, o l'aggiunta di nuovo materiale, se il cliente è già presente. La fase di verifica (*Check*) riguarda il monitoraggio del flusso di lavoro, la misurazione dei lead time e la valutazione della domanda reale del cliente nel tempo, con un focus sulla rotazione degli articoli. Nell'ultima fase (*Act*) vengono implementate soluzioni correttive in risposta ai risultati ottenuti, come modifiche alle quantità di materiale in vaschetta o l'eliminazione di materiali a bassa rotazione.
Tutte queste azioni contribuiscono a mantenere un sistema Kanban efficace nel tempo e costantemente adattabile alle esigenze dei clienti.

3.4.6. LISA

La maggior parte dei sistemi RFID proposti da Keller & Kalmbach è equipaggiata con un display che offre ai clienti la possibilità di tracciare lo stato dei loro ordini. Oltre a ciò, al fine di fornire ai propri clienti un monitoraggio avanzato, l'azienda ha introdotto *LISA*, acronimo di *Logistics Information Service Application*. Questo sistema informativo, che funge da *Kanban Board*[110], viene offerto a tutti i clienti (non solo quelli che utilizzano tecnologia RFID) e permette di condurre un'analisi online dei dati principali e transazionali relativi ai sistemi di fornitura, comprensiva di una rappresentazione dettagliata dell'infrastruttura degli scaffali e delle vaschette. Inoltre, è dotato di un sistema a semaforo integrato che segnala lo stato di queste ultime, fornendo una visualizzazione visiva immediata e intuitiva delle condizioni o del livello di riempimento. Il sistema non solo fornisce un quadro completo dei progetti Kanban, che include informazioni su supermarket, articoli, contenitori e sedi dei magazzini, ma è anche in grado di generare avvisi proattivi nel caso si verifichino potenziali difficoltà di approvvigionamento. In

[109] La riduzione degli articoli gestiti tramite il sistema Kanban, e di conseguenza delle vaschette, contribuisce a minimizzare la quantità di scaffali utilizzati, ottimizzando così lo spazio disponibile.
[110] Strumento visuale, fisico o digitale, che fornisce una chiara visione dello stato delle attività in corso.

aggiunta, il sistema facilita analisi dettagliate, come ad esempio l'identificazione di prodotti ad alto e basso turnover, e offre la possibilità di pubblicare statistiche sui consumi a livello aziendale e/o di magazzino.

Figura 21: LISA[111].

Un sistema analogo a LISA che sta assumendo un'importanza sempre più rilevante è il *KanbanLogiQ*, software elaborato da Keller & Kalmbach in collaborazione con la società *Qanto*. Questo sistema rappresenta l'evoluzione del sistema eLogistics introdotto nel 2016 e viene offerto a tutte le aziende che necessitano di una gestione ottimale delle linee e dei rapporti con i fornitori terzi. A differenza di LISA, che monitora esclusivamente lo stato degli articoli forniti da Keller & Kalmbach, KanbanLogiQ consente a qualsiasi azienda di ottenere informazioni in tempo reale sul materiale di qualsiasi fornitore, non limitandosi a quello fornito da KKI. In altre parole, questo sistema è in grado di trasformare qualsiasi rapporto cliente-fornitore in un rapporto Kanban, monitorando lo stato degli ordini e calcolando consumi e rotazioni di qualsiasi articolo, anche al di fuori della categoria della viteria. KanbanLogiQ permette quindi di ampliare notevolmente le possibilità di monitoraggio e gestione per le aziende, consentendo loro di avere una visione completa e aggiornata della catena di approvvigionamento.

[111] Keller & Kalmbach (n.d.). *LISA - Articoli C sotto attento controllo*. Keller & Kalmbach. https://keller-kalmbach.it/service/c-teile-management/lisa

3.4.7. Soluzioni personalizzate

Sebbene la maggior parte dei clienti di Keller & Kalmbach utilizzi un classico sistema Kanban a due contenitori, l'azienda cerca sempre di venire incontro a ogni tipo di esigenza e richiesta, talvolta sviluppando soluzioni uniche. Ciò che contraddistingue KKI è la possibilità di personalizzare le soluzioni in base alle esigenze del cliente, realizzando impianti Kanban *su misura* in risposta alle necessità e alle sfide che devono affrontare. A tal riguardo, verranno ora analizzate due aziende che godono di un impianto progettato e realizzato al fine di soddisfare particolari richieste.

3.4.7.1. EA S.r.l.

EA S.r.l., originariamente nota con la denominazione Elettromeccanica Adriatica, è stata fondata nel 1962 ad Ascoli Piceno per rispondere alla crescente domanda di nuovi impianti elettrici a bassa e media tensione, necessari per modernizzare l'intera rete di distribuzione elettrica italiana durante gli anni '60. Nel corso di oltre 50 anni, sono stati realizzati centinaia di impianti di piccole e medie dimensioni, compresi diversi impianti idroelettrici, consolidando anche una notevole esperienza in oltre quindici Paesi esteri. Le certificazioni del Sistema di Qualità conforme alla norma ISO 9000, del Sistema Ambientale in conformità con la norma ISO 14001 e del Sistema di Sicurezza secondo la Norma 18001 evidenziano gli sforzi profusi per mantenere una posizione di forza e per promuoverla ulteriormente nel futuro. Nel 2016, la EA S.r.l. è entrata a far parte del gruppo arabo "alfanar", ampliando le proprie capacità di sviluppo in termini di prodotti, servizi e mercati. Nel 2013, ancor prima dell'acquisizione dell'azienda da parte del gruppo arabo, Dario Mancini, attuale direttore acquisti dell'azienda, convinse EA sulle potenzialità di un sistema Kanban all'interno del magazzino. Tra i vari progetti presentati, quello di Keller & Kalmbach risultò essere quello che meglio si adattava alle diverse esigenze, grazie all'elevato grado di personalizzazione offerto.

Il primo progetto presentato da KKI prevedeva l'utilizzo di due Kanban VPE, dove il materiale destinato alle linee non veniva collocato sfuso nelle vaschette, ma piuttosto in *scatole* o *confezioni*. Questa scelta era dettata dalla necessità dell'azienda non solo di trasportare il materiale all'interno delle proprie linee, ma anche di fornire materiale alle squadre di lavoro responsabili dei montaggi esterni. Pertanto, l'adozione delle scatole, più

facili da trasportare, si rivelava essere la soluzione ideale per soddisfare entrambe le esigenze.

Figura 22: Kanban di EA dove il materiale contenuto nelle vaschette viene inserito all'interno di scatole.

Col passare del tempo, i due Kanban originariamente ubicati in due capannoni distinti sono stati consolidati in un unico supermarket centrale, da cui le navette ancora oggi partono per rifornire le diverse linee. Nonostante questa fusione in un supermarket centralizzato, di recente, a seguito di un aumento della produzione, KKI si è trovata a dover studiare una nuova soluzione al fine di garantire un approvvigionamento puntuale del materiale richiesto. Ciò è stato necessario poiché risultava complesso sfruttare ulteriori spazi all'interno del magazzino di EA. La soluzione, semplice ma efficace, è stata alternare la frequenza di spedizione. Passando da una spedizione settimanale a un modello in cui si alternano settimanalmente spedizioni con una o due consegne, è stato possibile ordinare più materiale senza aumentare le dimensioni del Kanban.

Figura 23: supermarket centrale di EA.

Un aspetto negativo di un sistema in cui il materiale non viene inserito sfuso, ma in scatola, è che sfrutta solo il 60% della capienza delle vaschette. Quindi, se mille viti dovessero essere inserite in una vaschetta sotto forma di materiale sfuso, nel caso in cui lo stesso materiale venga invece collocato in scatola o confezione, la stessa vaschetta riuscirà a contenere "solamente" 600 pezzi, nel migliore dei casi.

Una potenziale soluzione a questa problematica potrebbe essere nuovamente la realizzazione di due Kanban separati: uno dedicato al materiale sfuso destinato esclusivamente alle linee interne, e l'altro, di dimensioni ridotte, progettato per gestire il materiale in scatola e servire le squadre di lavoro esterne. In questo modo, sarebbe possibile ottimizzare non solo i flussi di materiale ma anche lo spazio di entrambi i supermarket. Per attuare questa ottimizzazione, il primo step consiste nel calcolare i consumi interni ed esterni di materiale. Ad esempio, se un particolare materiale venisse consumato per l'80% nelle linee interne e per il restante 20% dai montatori esterni, allora l'80% verrà inserito sfuso all'interno di un Kanban, mentre la parte rimanente sarà collocata in scatola nell'altro. Tuttavia, se le percentuali di materiale tra sfuso e in scatola fossero molto simili o addirittura uguali, in quel caso la creazione di due Kanban distinti potrebbe non essere la soluzione ottimale, poiché si rientrerebbe nella soglia limite del 60%. Una possibile discriminante per valutare l'efficacia di questa soluzione potrebbe essere individuare la percentuale di materiale ad uso esclusivamente interno o esterno, al fine di assegnare determinati codici articolo a uno specifico supermarket e, di conseguenza, rendere più precise e veloci le analisi dei codici rimanenti.

I dati reali necessari per effettuare questo calcolo possono essere ottenuti tramite KanbanLogiQ. Le potenzialità di questo sistema, unita all'analisi di Stefano Soderini, responsabile del miglioramento continuo di EA, consentiranno di monitorare la movimentazione di materiale prelevata dal supermarket ("as is"), misurando la quantità di articoli utilizzati nelle linee interne e quelli prelevati per gli operatori che lavorano all'esterno. Grazie a questa raccolta di dati, già dopo un anno, sarà possibile effettuare stime accurate dei consumi e ottimizzare di conseguenza il Kanban ("to be").

Si può affermare quindi che il sistema Kanban progettato da KKI abbia offerto diversi vantaggi significativi. Prima di tutto, la decisione iniziale di suddividere il materiale in scatola è stata guidata dalla necessità di garantire la flessibilità operativa essenziale per rispondere alle diverse richieste di approvvigionamento e alle esigenze specifiche delle attività svolte sia internamente che esternamente. Inoltre, l'introduzione di una strategia

di spedizione alternata, combinata con l'adattabilità del sistema Kanban, ha consentito di ordinare più materiale senza aumentare le dimensioni complessive del sistema, dimostrando un approccio intelligente alla gestione degli spazi. Infine, l'implementazione di strumenti di monitoraggio come KanbanLogiQ potrebbe permettere di acquisire dati in tempo reale su tutti i consumi, consentendo una gestione basata su informazioni concrete e favorendo la costante ottimizzazione del processo nel tempo.

3.4.7.2. Antonio Carraro S.p.A.

Antonio Carraro è un'azienda veneta con sede a Campodarsego, nel padovano, fondata da Giovanni Carraro nel 1910. È riconosciuta a livello mondiale come leader nella produzione di trattori compatti per l'agricoltura specializzata e per il settore civile. Operante su scala globale da diversi decenni, l'azienda conta oltre 535 dipendenti, distribuiti tra la sede centrale e le filiali commerciali in Australia, Spagna, Francia e Turchia. La rete di vendita dell'azienda comprende circa 600 importatori e distributori operanti in tutto il mondo.
Negli ultimi anni, Antonio Carraro ha sviluppato un nuovo assetto aziendale orientato ad affrontare nuove sfide nel mercato globale, adottando la filosofia guida del Kaizen. In questo modo, l'azienda si impegna a sviluppare ogni dettaglio e a sfruttare le opportunità identificate a vantaggio del cliente finale.
Antonio Carraro è stato il primo impianto Kanban di Keller & Kalmbach Italia, essendo stato realizzato nel 2013, pochi mesi dopo la nascita della sede italiana di KK. Inizialmente si trattava di un sistema Kanban VPE a due vaschette in cui l'operatore di KKI si occupava di prelevare il materiale e rifornire le linee di produzione con una frequenza di due volte alla settimana. Successivamente, è stata presa la decisione di fornire direttamente le linee; in questo modo, le scansioni partivano direttamente dalle linee stesse, in cui erano presenti vaschette in grado di contenere una o multipli di confezione di materiale. La prima sfida affrontata da Keller & Kalmbach è stata quindi trasformare un normale Kanban in un Kanban *in linea*: gli ordini di approvvigionamento partivano direttamente dalle linee e il materiale, una volta arrivato in magazzino[112], veniva riposto dall'operatore all'interno della vaschetta indicata. Questa modalità, pur semplificando i processi di riordino del materiale, presentava, d'altro canto, costi di magazzino elevati. Da qui è nata l'idea di realizzare un supermarket più piccolo in grado di contenere tutti i codici presenti

[112] Il delivery time era di una settimana.

nelle linee. Per attuare questa decisione, si è optato per lo stoccaggio di tutti gli articoli non più in vaschette, ma in scatole o confezioni e a *richiamo di lotti*. Attraverso il sistema KanbanLogiQ, è stato reso possibile monitorare tutti gli ordini provenienti dalle diverse linee per ciascun articolo: una volta che un lotto di materiale veniva consumato, il sistema generava un avviso di riordino. Questa procedura ha permesso di ottenere un notevole risparmio in termini di costi di trasporto, prelievo, magazzinaggio e stoccaggio, poiché la quantità necessaria per formare un lotto è notevolmente superiore a quella che può essere contenuta in una vaschetta, che a volte può corrispondere a una sola confezione.

Figura 24: esempio di Kanban Flow Rack di linea presente in Antonio Carraro.

Questo sistema ideato da Keller & Kalmbach ha funzionato efficacemente per diversi anni, ma, recentemente, gli elevati ritmi di produzione di Antonio Carraro hanno portato KKI a dover affrontare una nuova sfida. L'azienda, trovandosi nel pieno centro di Campodarsego, si è trovata impossibilitata a costruire altri capannoni dove poter espandere la propria produzione, che prevede di raddoppiare nei prossimi cinque anni.

La soluzione, concordata da entrambe le parti, è stata quella di tornare a lavorare a vaschetta e sostituire ciò che veniva occupato da metri quadri in metri cubi. In altre parole, anziché utilizzare un classico magazzino a scaffali che occupa metri quadri di terreno, si è scelto di adottare un *magazzino verticale* al fine di sfruttare lo spazio non solo in larghezza, ma anche in altezza. Questa tipologia di magazzino presenta una bocca di prelievo per ritirare il materiale, dove è l'operatore a richiamare i vari ripiani che si muovono

verticalmente. All'interno di Antonio Carraro viene utilizzato il *Kardex Shuttle*[113], che conta 58 ripiani, ognuno dei quali è progettato per sostenere 450 kg di materiale. Ogni ripiano, largo 3.600 cm e profondo 88 cm, è ideato per ottimizzare gli spazi di ogni tipologia di vaschetta. Pertanto, per ciascuna posizione di ogni ripiano, è possibile riporre due vaschette 4147, una dietro l'altra, oppure due 3147 e una 2147, o, in alternativa, quattro 2147.

Figura 25: esempio di ripiano del Kardex dove il materiale presente in vaschetta viene conservato all'interno di scatole.

In questo caso specifico, lo studio condotto da Keller & Kalmbach è stato finalizzato a valutare come ottimizzare la disposizione del materiale all'interno del suddetto magazzino. Un'ipotesi iniziale prevedeva di collocare il materiale all'interno dei vari ripiani, suddividendolo in base alla linea a cui era destinato. Di conseguenza, si stabiliva che sul primo ripiano venisse inserito il materiale destinato alle linee 1-2-3, sul secondo quello destinato alle linee 4-5-6, e così via. Tuttavia, questo approccio non risultava ottimale poiché comportava, in primis, il rischio di moltiplicare le giacenze di uno stesso articolo su più ripiani. In secondo luogo, il riposizionamento del materiale di *refill*[114] nel Kardex avrebbe dovuto essere distribuito su diversi vassoi, il che avrebbe comportato un aumento dei tempi necessari per posizionare gli articoli da rifornire. La soluzione a questo problema è stata definire le rotazioni dei vari materiali, ordinandoli dalla più alta alla più

[113] Fornito da Kardex Group.
[114] Materiale di rifornimento.

bassa. In questo modo, è stato possibile inserire al primo ripiano gli articoli a massima rotazione, aggiungendo progressivamente quelli con rotazioni sempre minori fino ad arrivare all'ultimo ripiano, dove sono stati collocati gli articoli a rotazione praticamente nulla. In tal modo, l'operatore aveva, e ha tuttora, una probabilità statistica maggiore di richiamare i ripiani contenenti i materiali che hanno una rotazione più alta, poiché ciò indica che, anche se sono associati a pochi carrelli e, di conseguenza, a poche linee, sono richiesti più frequentemente in quanto sono quelli più utilizzati. Per questo motivo, la velocità di prelievo e di refill risulta ottimizzata, in quanto l'operatore non doveva più attendere di passare da un ripiano all'alto in attesa di ritirare il materiale maggiormente richiesto.

Attualmente, all'interno dell'azienda, il Kardex è gestito dall'operatore di KKI, mentre gli operatori di Antonio Carraro si occupano di effettuare i rilevamenti dei materiali esauriti in linea, generando per ognuno di essi un ordine. Una volta effettuato, viene elaborato da KanbanLogiQ, che definisce quali sono le missioni e priorità, indicando se il materiale presente in un ripiano è destinato a una o più linee. Successivamente, viene generato un file di richiesta al Kardex che in base agli input ricevuti definisce quali ripiani abbassare per consentire all'operatore di riempire le vaschette dei carrelli destinati alle varie linee. Quando il materiale all'interno del magazzino verticale viene esaurito, l'operatore addetto invia una richiesta di approvvigionamento al magazzino centrale di KK.

Figura 26: carrelli destinati alle varie linee posti davanti al Kardex.

In futuro, la sfida di Keller & Kalmbach sarà quella di semplificare il processo di riordino del materiale direttamente dal Kardex stesso, senza l'intervento dell'operatore. Invero, all'interno del magazzino verticale, ogni vaschetta vuota deve essere scansionata per poter essere ordinata. A cadenza settimanale, indipendentemente dal numero di vaschette scansionate, viene inoltrato un ordine al magazzino centrale di Hilpolstein, in Germania, che si occupa di gestire l'invio del materiale. Pur essendo una procedura puntuale, può risultare scomoda, macchinosa ma soprattutto costosa. Per questo motivo, una possibile soluzione potrebbe essere quella di elaborare un nuovo sistema in grado di automatizzare lo svuotamento e riempimento del Kardex utilizzando la logica dei lotti. Per realizzare ciò, l'idea è di sfruttare al massimo il sistema KanbanLogiQ: il materiale utilizzato nelle linee ridurrà gradualmente la quantità di materiale presente nel magazzino verticale. Una volta raggiunta la quota di lotto critica stabilita per un determinato articolo, il sistema emetterà un avviso di riordino e avvierà automaticamente un ordine di materiale. Successivamente, una volta ricevuto il DDT elettronico di consegna del materiale, il sistema aggiornerà automaticamente le quantità presenti nel Kardex, eliminando la necessità di svolgere tutte le operazioni manualmente.
È quindi possibile affermare che l'utilizzo di un magazzino verticale all'interno di Antonio Carraro non solo ha massimizzato lo sfruttamento dello spazio in altezza, ma ha anche permesso a Keller & Kalmbach di ottimizzare la disposizione del materiale in base alla sua rotazione e di integrare il potente sistema KanbanLogiQ. L'impegno continuo di KKI per affrontare le sfide future, automatizzando il riordino di materiale del Kardex di Antonio Carraro, sottolinea la sua costante ricerca della soluzione Kanban ottimale, evidenziando un elevato livello di personalizzazione e adattabilità alle esigenze specifiche dei clienti.

3.4.8. Una nuova prospettiva: la Lean Akkademy

A partire dal 2024 Keller & Kalmbach Italia propone un nuovo servizio che va oltre il *core business* della viteria e della relativa gestione a Kanban: la *Lean Akkademy*. L'obiettivo consiste nell'offrire un vero e proprio servizio di consulenza non solo alle aziende interessate alla fornitura e gestione della viteria, ma anche alle imprese che necessitano di snellire flussi di lavoro, ottimizzare spazi, adottare una migliore gestione delle attività e affrontare qualsiasi altra tematica legata al pensiero snello.
Tramite questo servizio Keller & Kalmbach Italia ha la possibilità di ampliare il proprio *raggio d'azione*, trattando tematiche diverse e fornendo vari strumenti collegati alla

filosofia Lean. L'idea è di organizzare corsi e appuntamenti non solo online, bensì anche in vere e proprie *aule*, allo scopo di creare non soltanto un luogo dedicato alla formazione ma anche un punto di incontro tra persone che ricoprono diverse mansioni e lavorano in realtà differenti, per settori e dimensioni, al fine di creare molti network diversificati.
Il progetto, attraverso corsi, webinar e workshop, coinvolge in parte consulenti interni, trattando aspetti legati a Kanban, software per la gestione di fornitori terzi, tecniche di snellimento dei flussi e altre tematiche relative alla Lean, e in parte consulenti esterni, affrontando argomenti sempre più rilevanti nella società attuale, come le opportunità offerte dall'intelligenza artificiale.
La sinergia tra consulenti interni ed esterni persegue l'obiettivo di creare e implementare valore in ogni azienda, promuovendo una nuova cultura al suo interno. Per farlo, Lean Akkademy si avvale da un lato di sofisticati strumenti tecnologici volti ad orientare i processi sempre più verso l'industria 4.0; dall'altro, coinvolge sin da subito le persone nel progetto di miglioramento. In linea con i principi del Kaizen visti al Paragrafo 2.3.5, il processo di miglioramento parte dal Gemba. Mediante la partecipazione attiva del team, motivandolo e comprendendo insieme le diverse esigenze, e con il supporto di Keller & Kalmbach, si elaborano per ogni azienda soluzioni personalizzate in grado di garantire l'efficienza operativa e una corretta gestione dei processi, passando da una condizione "as is" a una "to be" migliorativa.
Lean Akkademy crede nel valore della collaborazione e del miglioramento continuo, agendo in modo lungimirante ed innovativo. Per questa ragione, collabora attivamente con l'Università degli Studi di Padova e l'Università degli Studi di Ferrara per incentivare lo scambio e la condivisione delle conoscenze, stimolando la crescita imprenditoriale e la creatività nella realizzazione di nuove soluzioni. Questa collaborazione promuove un efficace *trasferimento tecnologico*, consentendo un fluire reciproco di idee, innovazioni e competenze tra l'ambiente accademico e il settore aziendale.
Alcuni dei vantaggi offerti da Lean Akkademy:

- Semplifica i processi aziendali, rendendoli più snelli e veloci;
- Offre una migliore gestione dei progetti;
- Incentiva la motivazione delle persone;
- Accresce il potenziale e la produttività individuale;
- Potenzia la competitività dell'azienda.

CONCLUSIONI

Come precedentemente menzionato nel corso di questa tesi, la società attuale è caratterizzata da una forte dinamicità, che spinge le aziende ad affrontare una domanda di mercato incerta, segnata dalle crescenti esigenze dei consumatori. Questi fattori implicano che le aziende devono confrontarsi con una maggiore varietà di sfide e devono essere in grado di adattarsi rapidamente ai cambiamenti dell'ambiente circostante. Di conseguenza, l'efficienza operativa, intesa come la capacità di svolgere le attività aziendali in modo rapido, accurato ed economico, diventa fondamentale per mantenere la competitività e ottenere successo nel mercato.

Come abbiamo visto, la Lean Production è in grado di aiutare le imprese a raggiungere questo grado di efficienza eliminando i Muda presenti lungo tutta la catena produttiva e ponendo la creazione di valore per il cliente al primo posto. Adottando principi come la riduzione degli sprechi, il miglioramento continuo, la standardizzazione dei processi e l'ottimizzazione delle risorse umane e materiali, la Lean Production può aiutare le aziende a diventare più efficienti, riducendo i tempi di produzione e di consegna, abbattendo i costi e migliorando la qualità dei prodotti o servizi offerti. Inoltre, la Lean favorisce una cultura aziendale orientata al cliente e all'innovazione, elementi chiave per adattarsi con successo a un ambiente aziendale dinamico e in continua evoluzione.

In un'ottica Lean, è stato analizzato come il Kanban risulti particolarmente efficace in ambienti complessi poiché permette una gestione flessibile e adattabile delle attività lavorative. È emerso come l'utilizzo di un sistema Kanban, grazie al suo approccio visuale alla gestione del flusso di lavoro e al controllo dell'inventario, consenta alle aziende di adattarsi con maggiore agilità ai cambiamenti dell'ambiente circostante. Per questo motivo, un numero sempre maggiore di aziende provenienti da diversi settori in tutto il mondo sta adottando questa metodologia al proprio interno. In particolare, è stato dimostrato come Keller & Kalmbach, all'interno del settore manifatturiero, svolga un ruolo fondamentale nella distribuzione di articoli di classe C, quali viti, dadi, bulloni e rondelle, mediante la realizzazione e la gestione di impianti Kanban su misura e orientati al futuro, al fine di rispondere alle esigenze specifiche del cliente.

Sin dalla sua creazione nel 2013, Keller & Kalmbach Italia ha dimostrato un costante trend di crescita. Partendo da soli tre dipendenti, l'azienda ha rapidamente ampliato le proprie dimensioni, arrivando oggi a contare quasi trenta collaboratori e generando un fatturato

di oltre dieci milioni di euro, destinato a raddoppiare nei prossimi cinque anni. Questo successo è attribuibile al fatto che KKI offre un approccio unico rispetto ai suoi competitors nazionali. Piuttosto che proporre soluzioni standardizzate, l'azienda, come si è visto, cerca sempre di *intagliare un vestito su misura* in base alle esigenze e alle richieste specifiche di ciascun cliente. In altre parole, la customizzazione offerta da Keller & Kalmbach Italia risponde con precisione ai bisogni del cliente finale, una caratteristica fondamentale richiesta dalla società odierna in qualsiasi settore. Indipendentemente dalla tipologia e dalla dimensione del magazzino, KKI è in grado di individuare la soluzione Kanban ottimale per garantire un rifornimento costante e puntuale di materiale, come nei casi menzionati di EA e Antonio Carraro. Durante il periodo di tirocinio, è stato altresì apprezzabile osservare la volontà dell'azienda di adottare un approccio bottom-up a tutti i livelli, coinvolgendo tutti i dipendenti nel processo decisionale relativo a determinati aspetti aziendali, come la riorganizzazione degli spazi in ufficio o le modalità di promozione dei servizi offerti. Inoltre, a dimostrazione della continua crescita dell'azienda, sono stati riservati diversi investimenti per la Lean Akkademy, il servizio di consulenza offerto esclusivamente dalla filiale italiana di Keller & Kalmbach. Questo servizio nasce dalla volontà di differenziarsi ulteriormente dai competitors introducendo un servizio che si distingue completamente dal *core business* aziendale. Attraverso la Lean Akkademy, KKI si propone di rendere le aziende più snelle mediante lezioni pratiche e teoriche sui principi Lean, orientando il *mindset* aziendale verso il miglioramento continuo.

È possibile affermare quindi che l'approccio fortemente orientato al cliente di Keller & Kalmbach Italia, unito alla sua capacità di innovazione e flessibilità, si distingue come un esempio di eccellenza nel contesto aziendale odierno, dimostrando la rilevanza dell'efficienza operativa e della personalizzazione delle soluzioni nel perseguire il successo e la competitività sul mercato. A conferma della soddisfazione del servizio offerto, è stato chiesto a Dario Mancini, il direttore acquisti di EA, di riflettere sui benefici ottenuti a più di dieci anni dall'implementazione del sistema Kanban all'interno dell'azienda. Ha evidenziato diversi vantaggi, tra cui:

- Una significativa riduzione delle scorte di magazzino, contribuendo a una gestione più efficiente delle risorse;
- Una riduzione dei costi di gestione, indicando un impatto positivo sui profitti aziendali;

- Una maggiore capacità di rispondere rapidamente ai cambiamenti nella domanda interna, consentendo una maggiore flessibilità operativa;
- Un processo di riordino semplificato, che permette di migliorare l'efficienza e la precisione delle attività di rifornimento;
- Un'ottimizzazione dei prezzi derivata dalla possibilità di esercitare un maggiore potere contrattuale con altri fornitori.

La testimonianza di Dario Mancini dimostra come i benefici tangibili derivanti dall'adozione del Kanban, e quindi della produzione snella, permettano all'azienda di adattarsi ai cambiamenti di mercato e di mantenere un elevata competitività al suo interno. La sua esperienza fornisce un esempio concreto per qualsiasi azienda desiderosa di raggiungere risultati simili, sottolineando l'importanza di adottare approcci snelli e orientati al miglioramento continuo per garantire una posizione di rilievo e un vantaggio competitivo nel panorama aziendale contemporaneo.

BIBLIOGRAFIA

Ahmad, M. O., Dennehy, D., Conboy, K., & Oivo, M. (2018). *Kanban in software engineering: A systematic mapping study*, Journal of Systems and Software, 137, pp. 96-113. https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.045

Baudin, M. (2004), *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*, Productivity Press, New York.

Bruun, P., & Mefford, R. N. (2004). *Lean production and the Internet*. International Journal of Production Economics, 89(3), pp. 247–260. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.007

Business, C., & Sweeney, B. (2015). *Lean QuickStart Guide: A Simplified Beginner's Guide To Lean*. ClydeBank Media LLC.

Da Silva, Í. B., & Filho, M. G. (2019). *Single-minute Exchange of Die (SMED): A State-of-the-art Literature Review*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102 (9–12), pp. 4289–4307. https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w

Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED System*. CRC Press.

Drickhamer, D. (2005). *The kanban e-volution*. Material Handling Management, pp. 24-26, http://mhlnews.com/technology-amp-automation/kanban-e-volution

Dudek-Burlikowska, M. (2006). *Quality research methods as a factor of improvement of preproduction sphere*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 18, Nos. 1–2, pp. 435–438.

Fin, J. C., Vidor, G., Cecconello, I., & De Campos Machado, V. (2017). *Improvement based on standardized work: an implementation case study.* Brazilian Journal of Operations & Production Management, 14(3), pp. 388–395. https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n3.a12

Fomir (2022). *Lean: principi e strategie della Lean Production*. Fomir. https://www.fomir.it/uploads/catalog/dispensa_lean_production_edizione_1.2022.pdf

Galgano, A. (2002). *Le tre rivoluzioni. Caccia agli sprechi: raddoppiare la produttività con la Lean Production*. Guerrini e Associati.

Gastermann, B., Stopper, M., & Katalinić, B. (2012). *Adapting CONWIP Characteristics for Conventional Production Planning*. Daam International Scientific Book 2012, p. 559.

Giordano, F., & Schiraldi, M. M. (2013). *On Just-In-Time production leveling*. In InTech eBooks. https://doi.org/10.5772/54994

Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. C. O. (2018). *A strutturali literature review of the single minute exchange of DIE: the Latest Trends*. Procedia Manufacturing, 17, pp. 783–790. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129

Gotthardt, S. J., Hulla, M., Eder, M., Karre, H. D., & Ramsauer, C. (2019). *Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line*. Procedia Manufacturing, 31, pp. 175–179. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.028

Gross, J. M., & Mcinnis, K. R. (2003). *Kanban made simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM.

Hakim, D. (2004, 27 gennaio). *Toyota overtakes Ford as world's No. 2 automaker*. The New York Times. https://www.nytimes.com/2004/01/27/business/toyota-overtakes-ford-as-world-s-no-2-automaker.html

Hemamalini, B., & Rajendran, C. (2000). *Determination of the number of containers, production kanbans and withdrawal kanbans; and scheduling in kanban flowshops*. International Journal of Production Research, vol. 38, n. 11, pp. 2549-2572.

Imai, M. (1986). *The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill, New York, NY.

Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). *Literature review of JIT-KANBAN system*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol.32, pp. 393–408.

Lancucki, J. (2001). *Basis of Total Quality Management*. AE, Poznan.

Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2009). *Buffer sizing of a Heijunka Kanban system.* Journal of Intelligent Manufacturing, 23(1), pp. 49–60. https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3

Mayes, K., & Markantonakis, K. (2017). *Smart cards, tokens, security and applications*. Springer.

Minh, N. V., Kien, D. T., & Hau, P. K. (2020). *Applying Milk-run Method to Optimize Cost of Transport: an Empirical Evidence*. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), Vol. 7, No. 2, pp. 178-188. https://doi.org/10.22034/ijsom.2020.2.6

MÍkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A. I., & Tyurin, I. (2016). *Standardization – One of the Tools of Continuous Improvement*. Procedia Engineering, 149, pp. 329–332. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674

Mohamad, E., & Ito, T. (2013*). Integration of e-learning and simulation to user training programme of SMED*. International Journal of Internet Manufacturing and Services, 3(2), pp. 121-136. https://doi.org/10.1504/ijims.2013.058716

Mohamad, E., Shafee, N. a. Q. M., Syuhadah, A., & Rahman, M. S. A. (2023). *Kanban apps for lean practitioners*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/36917-2034_Kanban_Apps_for_Lean_Practitioners

Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*. CRC Press.

Muris, L.J., & Moacir, G.F. (2010). *Variations of the Kanban system: Literature review and classification*. International journal of Production Economics, vol.125, pp. 13–21.

Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). *Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, *2*(3), pp. 5980–5989. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.012

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.

Peterson, J., & Smith, R. (2001) *The 5S Pocket Guide*. Quality Resources, New York.

Ravinder, H., & Misra, R. B. (2014). *ABC Analysis for Inventory Management: Bridging the gap between research and classroom*. American Journal of Business Education, *7*(3), pp. 257–264. https://doi.org/10.19030/ajbe.v7i3.8635

Semprini, E. (1993). L'illusione giapponese. Vis-à-Vis. http://web.tiscalinet.it/vis-avis/1d.pdf

Serrat, O. (2017). *The Five Whys Technique*. Springer eBooks, pp. 307–310. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_32

Smadi, S. A. (2009). *Kaizen strategy and the drive for competitiveness: challenges and opportunities*. Competitiveness Review, 19(3), pp. 203–211. https://doi.org/10.1108/10595420910962070

Sopadang, A., Wichaisri, S., & Sekhari, A. (2014). *The Conceptual Framework of Lean Sustainable Logistics* in Materiały z konferencji, *International Conference on Transportation and Logistics* (ICLT 2014), Malaysia; 08/2014.

Surendra, M., Gupta, Y.A.Y., & Ronald F.P. (1999). *Flexible Kanban system*. International Journal of Operations & Production Management, vol. 19, no.10, pp. 1065-1093.

Takahashi, K., Myreshka, & Hirotani, D. (2005). *Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains*. International Journal of Production Economics, 93–94, pp. 25–40. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.003

Womack, J. (2013). *Gemba Walks, 2nd Ed.: Expanded 2nd Edition*. Lean Enterprise Institute.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). *Lean thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi.* Guerini e Associati.

Womack, J. P., Roos, D., & Jones, D. T. (1991). *La macchina che ha cambiato il mondo.* Biblioteca Universale Rizzoli.

Wronka, A. (2016). *Lean Logistics*. Journal of Positive Management, Vol. 7, No. 2, pp. 55–63. https://doi.org/10.12775/jpm.2016.012

SITOGRAFIA

https://adsum.it/lean-thinking-cose-e-come-diventare-specialisti/

https://agile-school.com/blog/la-storia-del-lean-thinking-dalla-toyota-ad-oggi

https://www.antoniocarraro.it/it/azienda/chi-siamo

https://www.antoniocarraro.it/it/azienda/storia

https://www.apptoyou.it/la-storia-di-toyota/

https://www.aretena.it/single-post/i-5-principi-del-lean-thinking

https://www.auxiell.com/muda-lean-system/

https://www.bglog.it/flow-racks-kanban/

https://blog.alzarating.com/il-lean-thinking-una-strategia-operativa-da-non-sottovalutare/

https://blog.item24.com/it/la-produzione-snella-e-i-principi-lean/le-3-m-della-lean-production-mura-muri-muda/

https://bprgroup.it/blog/la-magia-del-one-piece-flow-spiegata-dai-consulenti-di-bpr-group/

https://www.buonarroti.tn.it/index/

https://www.business-software.com/blog/mrp-and-kanban-push-vs-pull-manufacturing/

https://www.businesstheory.it/economie-di-scala/

https://www.canaleformazione.com/cose-il-takt-time-significato-e-calcolo/

https://www.cncregionelombardia.org/post/principi-della-lean

https://www.considi.it/le-origini-del-tps/

https://www.considi.it/lean-thinking/

https://creasud.it/2020/05/24/taylorismo-fordismo-toyotismo-grandi-rivoluzioni-lavoro/

https://www.ctq.it/sito/news/i-5-principi-del-lean-management-system/

https://www.cuoaspace.it/2015/04/primo-principio-del-lean-thinking-identificare-cio-che-vale-per-il-cliente.html

https://digilander.libero.it/programmaproduzione/lean-thinking.html

https://www.doeeconsulting.it/muda-sprechi-produzione-lean.aspx

https://www.easrlitaly.com/index.php/azienda/storia

https://www.easrlitaly.com/index.php/impianti/generale

https://economiaegestioneaziendale.com/2022/03/12/gestione-delle-scorte-o-just-in-time-quale-scegliere/

https://www.erreviautomation.com/perche-i-sistemi-di-convogliamento-sono-importanti/

https://www.fabbricafuturo.it/migliorare-le-performance-dei-processi-di-servizio-attraverso-il-lean-thinking/

https://www.forbes.com/sites/abdoriani/2023/03/31/6-innovative-practices-in-the-early-20th-century-that-skyrocketed-the-ford-motor-company-to-success/

https://www.headvisor.it/poka-yoke

https://www.headvisor.it/toyota-production-system-taiichi-ohno

https://hohmannchris.wordpress.com/2016/01/16/what-is-a-spaghetti-diagram/

https://www.humanwareonline.com/project-management/center/principi-kaizen-gestione-progetti/

https://www.ien-italia.eu/articolo/soluzione-lean-management-one-piece-flow/

https://www.ilmuleanodelcambiamento.it/lean-production/

https://www.inforicambi.it/lavoro-economia/toyota-leader-mondiale-produzione-investimenti.html

https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/just-in-time/

https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/lean-production/

https://www.intervista.it/glossario/nfc/

https://www.kanban.it/it/

https://www.kanban.it/it/supermarket/

https://www.kanban.it/it/tipi-di-kanban/

https://kanbanize.com/it/flusso-continuo/takt-time

https://kanbanize.com/lean-management/implementing-lean-principles

https://kaizen.com/what-is-kaizen/

https://keller-kalmbach.com/unternehmen/unternehmensgeschichte

https://keller-kalmbach.it/

https://keller-kalmbach.it/service/c-teile-management

https://keller-kalmbach.it/service/c-teile-management/kanban-service

https://keller-kalmbach.it/service/c-teile-management/lisa

https://lacerba.io/blog/kanban-agile/

https://www.lean.org/lexicon-terms/batch-and-queue

https://www.lean.org/lexicon-terms/kanban/

https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/

https://www.leancompany.it/it/il-lean-negli-anni/i-principi-del-lean

https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/principi/

https://leanvoodoo.wordpress.com/2016/03/06/lean-principle-5-seek-perfection/

https://www.linkedin.com/company/keller-kalmbach-srl/

https://www.linkedin.com/posts/the-lean-six-sigma-company-italia_kaizen-5s-pdca-dmaic-poka-yoke-activity

https://www.linkedin.com/pulse/la-lean-thinking-si-apre-alla-digitalizzazione-e-paolo-sbalchiero

https://mag.toyota.co.uk/kanban-toyota-production-system/

https://www.make-consulting.it/lean-thinking/

https://www.make-consulting.it/metodo-kanban/

https://www.make-consulting.it/metodologia-lean-toyota-lean-thinking-consulenza-pmi/

https://www.makeitlean.it/blog/heijunka-livellamento-della-produzione-just-in-time

https://www.mecalux.it/blog/just-in-time-jit-logistica

https://www.mecalux.it/blog/takt-time

https://www.metodokp.it/corsi/corso-applicazione-5s

https://www.mudamasters.com/en/lean-production-lean-toolbox/kanban

https://www.ntlexpress.it/blog/logistica/cosa-si-intende-per-logistica-inversa/

https://opexlearning.com/resources/andon-system-what-does-it-tell-you/

https://www.oraconsulting.altervista.org/blog/organizzazione/lean-organization/

https://www.premium-format.com/leistungen/kanban-systeme-fuer-maschinenbaukunden/

https://www.produzioneagile.it/jidoka-la-chiave-per-il-miglioramento-continuo/

https://www.projectgroup.it/blog/lean-thinking-5-principi-fondamentali/

https://www.projectgroup.it/blog/cose-il-one-piece-flow-scoprilo-con-noi/

https://www.ptc.com/it/blogs/iiot/what-is-smed

https://www.qualitiamo.com/miglioramento/jidoka/applicazione.html

https://www.qualitiamo.com/miglioramento/jidoka/jidoka.html

https://www.raiscuola.rai.it/tecnologia/articoli/2021/03/Henry-Ford-e-la-catena-di-montaggio

https://ruoteclassiche.quattroruote.it/ford-t-lautomobile-che-fece-scuola-compie-110-anni/

https://safetyculture.com/topics/house-of-lean/

https://silodrome.com/history-model-t-ford/

https://www.simplilearn.com/lean-thinking-article

https://takuminotie.com/english/2015/11/05/standardized-work-combination-table/

https://theindustrialjournal.altervista.org/dimensionamento-di-uno-o-piu-kanban/

https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean

https://transportgeography.org/contents/chapter1/the-setting-of-global-transportation-systems/ford-cost-production-1908-1924/

https://www.treccani.it/enciclopedia/taylorismo

https://tulip.co/glossary/what-is-standardized-work-and-how-to-apply-it/

https://www.utekvision.com/it/blog/be-lean-valore.html

https://www.utekvision.com/it/blog/conwip.html

https://www.utekvision.com/it/blog/mura-muda-muri.html

https://www.utekvision.com/it/blog/push-&-pull.html

https://www.utekvision.com/it/blog/takt-time-cycle-time.html

https://www.utekvision.com/it/blog/toyota-production-system-tps.html

https://www.vendorsrl.it/metodo-kanban-lean-production/

https://www.vendorsrl.it/tecnica-5-perche/

https://vitolavecchia.altervista.org/caratteristiche-e-principi-del-lean-thinking-nelle-aziende-di-servizi/

https://vitolavecchia.altervista.org/principali-tecniche-e-strumenti-del-visual-management-in-azienda/

https://web-kaizen.com/kaizen/five-s-kaizen/