



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

**Lean Manufacturing e utilizzo della simulazione come supporto
al miglioramento continuo**

**Lean Manufacturing and use of simulation as a support to
continuous improvement**

Relatore:

Prof. **Michele Germani**

Correlatore:

Ing: **Riccardo Pianesi**

Tesi di Laurea di:

Valerio Faricelli

A.A. 2018/2019

INDICE

Introduzione

Capitolo 1

1-La Santoni S.P.A.

1.1 Storia della azienda

1.2 Il prodotto e il processo

1.3 Swot Analysis

Capitolo 2

2-La Lean manufacturing

2.1 Presupposti all'utilizzo della Lean

2.2- I principi Lean

2.3- La Value Stream Mapping

Capitolo 3

3- La Lean in Santoni

3.1-II metodo delle 5s

3.2- Applicazione delle 5s in Santoni

3.3- La gestione della Qualità

3.3.1- Metodologia PDCA

3.4- Strumenti della Qualità

3.5- Cantiere Qualità

Capitolo 4

4-Approccio alla simulazione

4.1-II nuovo Layout dalla manovia alla isola di lavoro

4.2-I limiti della Lean e la simulazione come supporto alla produzione snella

4.3-La simulazione nell'industria

4.4-Caso di studio

4.4.1 L'ambiente da simulare

4.5 Generalità sui modelli da simulare

4.5.1 Individuazione di entità, risorse e variabili

4.6 Il funzionamento del sistema

4.7 Le informazioni richieste

4.7.1-Acquisizione dati

4.7.2-I Tempi e Metodi

4.7.3-Ipotesi del modello

4.7.4-Scelta della distribuzione

4.8-Run e risultati del modello

4.8.1-Azioni migliorative

4.8.1.1- Azione di miglioramento 1

4.8.1.2- Azione di miglioramento 2

4.8.1.3-Caso 0 tempi tecnici

4.8.2-Prova con la distribuzione di Poisson

4.9.1-Considerazioni sui risultati del modello

5-Conclusioni

INTRODUZIONE

la sfida comune delle aziende è far fronte ad un mercato sempre più competitivo, aumentare il livello di servizio e ridurre il work in process (WIP).

La Lean manufacturing è una filosofia che racchiude questi obiettivi e supportano le compagnie al raggiungimento di questi obiettivi. Focus di questa metodologia è il costante impegno nella minimizzazione degli sprechi e nella creazione di un flusso tra le attività che generano valore per il cliente. Questo permette di ottenere significativi miglioramenti in termini di riduzione e rispetto dei tempi di consegna, aumento dell'OEE di stabilimento, riduzione dei costi, incremento della flessibilità, riduzione delle scorte e aumento del livello di motivazione e coinvolgimento del personale.

L'approccio Lean richiede una trasformazione profonda del modus operandi, un cambio culturale radicale che deve necessariamente partire dal top management. Competenze e cultura, d'altra parte, sono fondamentali per il successo di qualsiasi programma di trasformazione e sottovalutarne l'impatto può avere effetti molto deleteri.

Esso non si limita alla ridefinizione dei processi o all'analisi delle prestazioni correnti, ma è ben più articolato e coinvolge l'organizzazione a tutti i livelli. La chiave è la capacità di identificare azioni concrete di miglioramento individuando le cause di una scarsa performance e suggerire le soluzioni più appropriate, tenendo conto delle condizioni specifiche dell'azienda, che possono contenere molte variabili.

La Lean presenta anche dei limiti dovuti ai lunghi tempi per il raggiungimento degli obiettivi, prima di tutto quando ci si trova a dover analizzare sistemi complessi dovendo considerare la variazione ed il comportamento stocastico dei processi nel mondo reale. Questo punto debole diventa sempre più critico mano a mano che la complessità aumenta.

In relazione a questo viene proposto lo sviluppo della simulazione per supportare la Lean.

Questo studio è stato effettuato durante l'attività di Presso la Santoni S.p.A. azienda leader nella produzione di calzature di lusso, che ha dal 2017 iniziato un progetto di Lean Transformation che coinvolge tutti i processi aziendali.

Dapprima verrà introdotta l'azienda, la sua struttura e i suoi obiettivi. In seguito verrà descritto il tipo di prodotto e il processo produttivo. Poi si evidenzieranno le principali tecniche Lean adottate in azienda sulla base della esperienza di tirocinio.

Infine verrà proposto un modello di simulazione come supporto alle decisioni per la riduzione del wip all'interno di uno specifico reparto.

CAPITOLO 1

1- La Santoni S.P.A.

1.1 Storia dell'azienda

La Santoni nasce nel 1975 da un'idea di Andrea Santoni che, dopo 20 anni di esperienza nella produzione di calzature, insieme a sua moglie Rosa, decide di aprire a Corridonia, nella provincia maceratese, il proprio atelier per la creazione di scarpe da uomo di lusso di alta qualità ispirati dalla filosofia della perfezione e dell'eccellenza.

L'attività della Santoni inizia da un piccolo laboratorio di quattro persone nel garage di casa in cui il peso dell'attività ricadeva interamente su Andrea che realizzava i campioni, girava l'Italia per gli ordini e, quando tornava a casa, iniziava a produrre. Da allora molti sono stati i cambiamenti: l'innesto della tecnologia sulla tradizione manuale per la realizzazione dei modelli, l'ampliamento della gamma dal classico uomo, al classico donna e allo sportivo uomo/donna, agli accessori e ai capi di abbigliamento speciali e d'altissima gamma che creano complessità ma assecondano le richieste del cliente.

Le uniche cose che non sono cambiate nel corso degli anni sono lo spirito della società e la devozione che sono una parte della creazione di ogni singolo paio di scarpe. Questo risultato è stato reso possibile solo perché l'azienda si è evoluta ed è cresciuta senza mai compromettere i suoi standard: un'etica condivisa dai 650 dipendenti della società che costituiscono una grande famiglia solida.

Il prodotto è difficile da delegare, è l'anima del brand, per questo Santoni continua sulla strada del Made in Italy come era un tempo, sempre localizzata a Corridonia, "luogo del cuore" della famiglia e patria del marchio, si finanzia con mezzi propri, i propri stabilimenti sono indipendenti dal punto di vista energetico in quanto autoproduce il 53% del fabbisogno, ha costruito un centro totalmente eco-compatibile con materiali riciclabili al 90%.

Oggi il marchio Santoni è un punto di riferimento nel mercato dei beni di lusso.

Con circa 648 dipendenti, di cui 450 di manodopera diretta, realizza, ogni anno, nei tre stabilimenti produttivi, circa 400.000 manufatti e 15.000 SKU.

La direzione è affidata a Giuseppe Santoni, figlio di Andrea Santoni e Amministratore Delegato dell'azienda, che, da sempre, ha contribuito allo sviluppo dell'azienda di famiglia.

Opera nei mercati dell'Europa Occidentale, vale a dire Italia, Francia, Benelux e Germania, l'Europa Orientale, in primis Russia, il Nord America e il Giappone.

E' presente con Boutique Santoni in tutte le principali capitali della moda: Milano, Roma, Venezia, Cagliari, Forte Village, Parigi, St. Moritz, Mosca, Hong Kong, Dubai, Manila, Doha, Seoul, Ho Chi Minh City, Miami, New York.

Lusso e selezione sono i principi che hanno portato alla partnership con marchi che condividono la filosofia votata all'eccellenza di Santoni.

Due linee esclusive, in collaborazione con Mercedes AMG e IWC Schaffhausen, esaltano la maestria tipica di Santoni applicandola, rispettivamente, alle automobili sportive e agli orologi di precisione.

Santoni ha mantenuto intatte nel tempo le caratteristiche più preziose del puro Made in Italy: qualità, passione per il dettaglio e lavorazione rigorosamente fatta a mano. Elementi che distinguono Santoni dai suoi competitors, e ne fanno un caso unico all'interno del ristretto circolo dei luxury brands più famosi e riconosciuti a livello mondiale.

Tradizione e innovazione. Questi sono i due piani paralleli sui quali Santoni ha imbastito il proprio successo, combinando alla perfezione le tecniche produttive di un tempo, come la capacità di realizzare una scarpa interamente made-to-measure, all'evoluzione nella ricerca e nel design. Particolarità che attraggono un cliente sofisticato e informato sulle ultime evoluzioni dello stile, che per sé sceglie solo il meglio.

Una mentalità moderna applicata a un savoir-faire antico, difeso dai mastri calzolai Santoni, alcuni dei quali in azienda fin dal 1975 e che hanno visto trasformarsi una realtà artigiana in brand di riferimento. Senza mai perdere di vista la genuinità e la passione per le cose belle e di estrema qualità.

1.2-Il prodotto ed Il processo produttivo della scarpa di lusso

Il processo produttivo è specializzato in produzione di calzatura, per i volumi prodotti possiamo classificare il tipo di produzione per lotti che, ogni anno, genera una varietà elevatissima di lotti di scarpe. La gamma di prodotti in ogni stabilimento è costituita da articoli molto diversi, sia per componenti di assemblaggio della scarpa, sia per lavorazione. L'elevata varietà è dovuta alla politica di mercato che punta a soddisfare, il più possibile, le richieste di personalizzazione dei clienti.

Le seguenti caratteristiche definiscono gli attributi del sistema produttivo della calzatura in Santoni:

- Stagionale, le categorie di prodotto e di conseguenza le tecniche e i processi per realizzarli, variano con cadenza stagionale tra stagione estiva e stagione invernale;
- Made to order, sui modelli già presenti le componenti della scarpa possono cambiare (.es.pellame) a seconda della richiesta del cliente

- Made to measure, il sistema di produzione ha la capacità di gestire, oltre ai modelli esistenti, anche la produzione di prodotti totalmente personalizzati, sia a livello di componenti che di modello.

In seguito verranno descritti quali sono i processi principali per la realizzazione del prodotto.

Una scarpa nasce inizialmente nell'ufficio stile che decide forma e modello, dopodiché il modellista, che esegue la parte tecnica, ricopre la forma con la carta gommata, mette in piano il modello, fa la "camicia" cioè toglie la carta gommata dalla forma e la distende su un cartoncino rigido e quindi realizza il modello. In Santoni, lo stile viene concepito interamente all'interno della società da diversi gruppi di lavoro formati da giovani stilisti unicamente dedicati alle varie linee uomo, donna e accessori; ogni gruppo porta avanti lo studio dei modelli e lo sviluppo dei prototipi fino alla definizione del campione.



Figura 1-Scarpa Uomo Classica

Unitamente all'ideazione del modello viene associata la scelta delle pelli e l'accurata progettazione delle soles da abbinare alle tomaie. I vari gruppi, due volte l'anno, si dedicano alla ricerca delle novità viaggiando nei mercati europei privilegiando le capitali del fashion, riportando in azienda i trend che saranno poi rielaborati secondo il DNA Santoni. Una volta che il modello viene approvato, subendo eventuali modifiche, si passa alle vere e proprie fasi di produzione che si possono riassumere in selezione del materiale, taglio, orlatura, montaggio e finissaggio. A seconda del modello una scarpa richiede più o meno passaggi, in media tra gli 85 e i 90. La realizzazione della forma è essenziale nel progetto di una scarpa, poiché non deve essere solo bella ed elegante ma anche comoda. Per realizzare una scarpa comoda, chi lavora sulle forme deve capire quali sono i punti cruciali su cui poggia il piede. In Santoni il campione della forma viene realizzato

internamente. Legno, stucco, raspa; mano, occhio e tanta esperienza. Sono gli ingredienti con cui si crea una forma, principio di una scarpa perfetta. Partendo da un pezzo di legno la forma viene modificata a mano con stucco, raspata e limata. Tali modifiche presuppongono una conoscenza scientifica del piede da parte di chi la esegue. Solo quando la forma campione è stata approvata si affida al formificio esterno. I nuovi campioni subiscono poi la prova calzata operata, tra gli altri, dallo stesso Andrea Santoni.

Insieme alla forma le componenti principali di una scarpa sono la tomaia cioè l'insieme di tutte le parti in pelle tagliate e cucite tra loro che costituisce l'aspetto esteriore della scarpa, il sottopiede in cuoio morbidissimo è l'anima della scarpa al quale si regge la tomaia sagomata della forma, il guardolo la striscia di cuoio che cucita insieme alla tomaia ed al sottopiede delinea il perimetro della sagoma della suola, la suola. Oltre al puntale, il contrafforte e l'intersuola, la fodera ed almeno altri 20 e più elementi che servono a realizzare un solo paio di scarpe.

Selezione del materiale

La produzione vera e propria inizia con la selezione delle pelli. Le pelli più comuni sono quelle di vitello, capretto e agnello, a cui si aggiungono molti tipi di pelli esotiche, come quelle di cocodrillo, struzzo, pitone, razza, squalo e visone.

I pellami acquistati allo stadio semi-finito, o finito, vengono scelti direttamente in conceria, dove viene applicato un timbro sul lato carne, così che non possano essere consegnate pelli diversi rispetto a quelle selezionate a monte. Nel caso delle pelli semilavorate, detto in gergo "crust", le pelli vengono rifinite direttamente sulla scarpa già montata, attraverso le tecniche di *velatura* e *anticatura*. La Santoni da trent'anni lavora più o meno con le stesse conerie. Il pellame più utilizzato dall'azienda è il vitello, di cui si approvvigiona prevalentemente da paesi europei. Il cocodrillo, invece, proviene dal Mississippi e da Singapore, dove la qualità è indubbiamente altissima. Tra le altre pelli vanno segnalate lo shearling (ovine con pelo all'interno, molto richieste per ragioni climatiche dal cliente russo), il prezioso visone e alcuni pesci particolari per i consumatori più sofisticati. Quando si parla di pelli bisogna tenere in considerazione anche l'applicazione dei cosiddetti rinforzi. Si tratta di piccole tele di cotone garzato che vanno incollate nei punti in cui la pelle appare troppo sottile. Questa è una fase molto delicata: se la pelle viene rinforzata troppo, la tomaia si appesantisce e diventa impossibile da orlare; diversamente, la pelle non rinforzata potrebbe mancare di spessore e quindi cedere nel montaggio.

Taglio

La seconda fase è il taglio che deve essere preciso e operato senza incertezza, a mano ferma. Quello a macchina è indicato per pelli di taglia grande e per i tessuti, i quali aderiscono perfettamente al piano. Per quanto riguarda il pregiato entra in gioco l'abilità che contraddistingue lo specialista: capire la pelle, individuarne i difetti e, soprattutto, essere in grado di combinare le pelli il più possibile simili tra loro per comporre il paio e procedere al taglio a mano a fustella.

Orlatura

La terza fase, quella dell'orlatura, ha due funzioni: quella strutturale, che consiste nell'unire tomaia, fodera ed eventuali parti aggiuntive, e quella decorativa, riconducibile al valore estetico della cucitura. Il risultato conclusivo di questa fase viene affidato al montaggio, che costruisce la scarpa unendo il fondo alla parte sovrastante. Lo strumento del mestiere consiste in una moderna macchina per cucire.

Montaggio

La fase di montaggio è quella della costruzione vera e propria della scarpa. Questa costruzione avviene unendo insieme le singole parti che compongono una scarpa. A seconda della tipologia di scarpa e di costruzione, il montaggio è composto da operazioni diverse. In generale, il montatore ricopre la forma con la tomaia che le orlatrici hanno già cucito alla fodera e a cui sono stati applicati fuori manovia contrafforti e puntali. Il montatore, quindi, fissa la tomaia sulla forma chiudendo la scarpa sul davanti, successivamente nella fase di rettifica e con la calzera vengono chiusi i fianchi e il retro della scarpa. Per fare ciò oltre all'utilizzo di premona e calzera si applicano a mano grappe, chiodini, si tirano tomaia e fodera con le pinze, si riapplica il mastice se necessario.

Queste prime operazioni sono fondamentali poiché in questa fase si determina se la scarpa sarà ben costruita dritta e coerente con il modello o se sarà storta e quindi da scartare. A questo punto la scarpa, pur essendo ancora priva del fondo, ha preso forma. Seguono le operazioni di suolatura, di rifinitura del fondo se non finito e di applicazione del tacco. A seconda del fondo può essere presente o meno il reparto di fresatura.

Velatura

La velatura è il cuore dell'artigianato artistico di Santoni. Quasi tutte le scarpe da uomo classiche della Santoni vengono anticcate con una particolare tecnica di coloritura manuale, coperta dal diritto francese. In seguito si utilizza il pennello per rifinire la parte tra la tomaia e la suola. L'addetto alla velatura segue la colorazione dall'inizio alla fine.

Ogni stagione i designers decidono nuovi colori e nuovi modelli di velatura da applicare ai campioni della nuova collezione. In seguito ci sarà un minuzioso processo di lucidatura, prima con il pennello e poi a mano con creme e cere naturali, spalmate grazie a panni di cashmere e seta. Questo procedimento, lento e impegnativo, garantisce a ciascun paio di scarpe una patina unica e irriproducibile.

Finissaggio

Fase finale della produzione di una calzatura. Di conseguenza, dalla fine dell'anticatura occorrono almeno due ore di lavoro effettivo, a cui va aggiunto il tempo di attesa necessario per far asciugare i colori. In questa fase la scarpa viene appunto resa un prodotto finito. La prima operazione di finissaggio consiste nella "stiratura", che viene effettuata con un piccolo ferro caldo a superficie piatta, utile anche ad aggiustare le piccole pieghe della pelle. Segue l'applicazione di una crema davvero speciale che viene distribuita su tutta la superficie della pelle.

La "prelucidatura" prepara la scarpa alla successiva lucidatura e ne modifica ulteriormente l'aspetto, perché ogni colore ha la sua crema specifica. Ultimato il trattamento, la pelle della scarpa è stata nutrita e può reagire alla successiva "lucidatura" nel modo migliore. Il lucido a base di cera d'api viene applicato con un processo completamente manuale.

L'ultimo passaggio spetta alla "spazzola" i cui colpi vanno dati con delicatezza per non rischiare l'asportazione del colore applicato precedentemente. Concluse queste operazioni la scarpa esce dalla manovia ed è pronta per l'allacciamento e per la messa in scatola dopo il controllo di qualità finale

1.3- Swot Analysis

Di seguito viene proposta una analisi SWOT della azienda, sulla base di una preventiva analisi della azienda e degli aspetti generali che caratterizzano il mercato della calzatura di lusso.

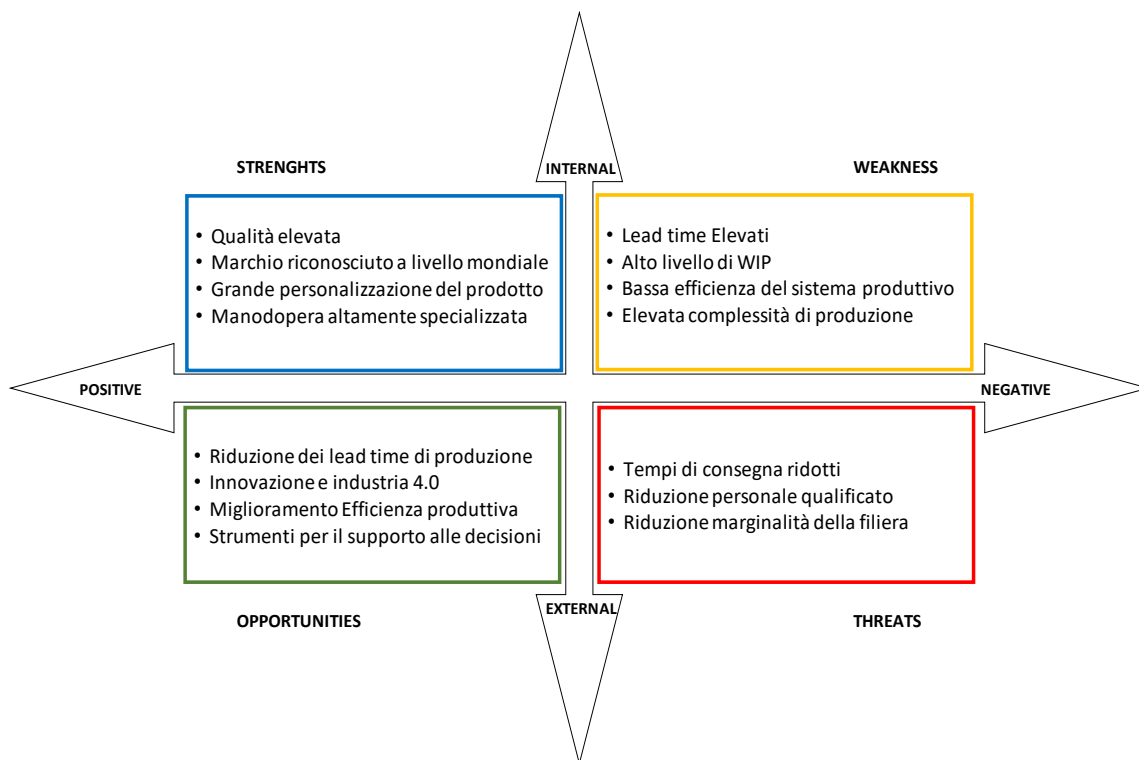


Diagramma 1 - SWOT Analysis

Punti di forza

- Santoni è un'azienda storica nel panorama calzaturiero italiano, oltre che un affermato brand a livello internazionale per le calzature uomo e per le calzature donna.
- La percezione del prodotto è di altissima qualità
- L'azienda si differenzia dalla concorrenza per alcune lavorazioni artigianali distintive
- Le competenze, altamente specializzate e focalizzate sui prodotti di riferimento, consentono di soddisfare le richieste dei consumatori più esigenti.

Punti di debolezza

- I *lead time* medi sono molto lunghi.
- La percezione della qualità è limitata al prodotto, mentre si riscontra un generale disinteresse per i processi.
- Sebbene siano stati introdotti degli standard produttivi, ci sono ancora molte tecniche di produzione che sono note con chiarezza solo alle figure più esperte e non sono registrate
- Il flusso del sistema non è regolare e c'è molto materiale bloccato in attesa di essere lavorato

Opportunità

- Diminuire il lead time per contribuire ad accorciare i cicli di prodotto riducendo la rischiosità commerciale dei clienti (inventuti, rotture di stock) ed innalzando le potenzialità di vendita (riassortimenti, *fast fashion*).
- Introdurre approcci e strumenti tecnologicamente innovativi (progettazione 3D, sistemi CAD/CAM).
- Aumentare il livello tecnologico degli impianti.
- Introduzione di metodologie di simulazione, per la stima dei KPI di produzione e per il supporto alle decisioni.

Minacce

- I cicli di approvvigionamento e produzione nella moda si stanno sempre più comprimendo, richiedendo a tutti gli attori tempi di reazione sempre più brevi.
- Il personale altamente qualificato diviene sempre più raro e costoso.
- La pressione competitiva dei paesi low cost agisce sui prezzi comprimendoli.

CAPITOLO 2

La lean manufacturing

2.1 Presupposti all'utilizzo della Lean

Per trasformazione Lean si intende un processo esteso atto a realizzare un modello di business in grado, nel tempo, di rispondere alla sfida della competitività, annullando i punti di debolezza dell'azienda, ed esaltandone i punti forti. Attraverso strategie che ruotano attorno al concetto di creazione di valore, a cui tutti in azienda devono contribuire per il pieno soddisfacimento dei clienti, è necessario accogliere la filosofia del miglioramento continuo, in modo da adattarsi alle esigenze di mercato e dei clienti, senza disperdere valore. Questo significa accettare le sfide ed avere la giusta creatività ed energia per realizzare gli obiettivi, cercando l'innovazione e l'evoluzione in maniera continua. L'approccio Lean è un approccio olistico, che punta all'ottenimento dell'eccellenza dei prodotti e dei processi interni, agendo contemporaneamente su tre leve:

- Il sistema operativo, i processi e i flussi di materiali e informazioni;
- Il sistema di monitoraggio dei risultati;
- La mentalità e comportamenti.

Queste le leve principali sulle quali le risorse chiave in azienda acquisiranno gli strumenti necessari per il miglioramento continuo, in una logica di riduzione degli sprechi, qualità, flessibilità, pianificazione, coinvolgimento di clienti e fornitori.

La vendita del prodotto avviene:

- Per mezzo di negozi monomarca direttamente al consumatore finale;
- Indirettamente fornendo i prodotti a negozi multimarca,
- Attraverso la catena del retailing;
- Su ordinazione diretta del singolo cliente per quanto riguarda modelli su misura.

L'immagine dell'offerta in Santoni deve essere completamente allineata con i bisogni impliciti ed espliciti dei Clienti in risposta alle loro aspettative sui prodotti e sui servizi. Conseguentemente, il Valore dovrà essere composto da:

- Eccellenza nei contenuti della proposta creativa, che dovrà essere ampia ma non dispersiva, atta a sostenere ed elevare l'immagine aziendale;
- Elevata flessibilità operativa per produrre mix di prodotti variabili nel tempo e nei volumi;

- Riduzione dei lead time della filiera, dall'industrializzazione, agli approvvigionamenti, alla produzione, fino alla logistica;
- Miglioramento sensibile dell'affidabilità della supply chain, in modo da garantire il rispetto dei piani;
- Riduzione dei costi dovuti alle inefficienze;

In generale gli obiettivi principali per Santoni sono rappresentati dai ritorni attesi del progetto di trasformazione Lean ed il loro raggiungimento viene conseguito senza deviare di punti cardine della *Mission* che sono:

- Il rispetto e la gratificazione delle Persone che vi ci lavorano, oltre che dai riconoscimenti economici, deriva sia dalla capacità dell'azienda di coinvolgerle rendendole parte attiva nella gestione ed investendo sulla loro crescita, sia dalla possibilità di operare in un ambiente accogliente, salubre, dotato di soluzioni in grado di agevolare il lavoro e sia dal compiacimento nel contribuire a realizzare prodotti eccellenti.
- La Soddisfazione dei Clienti attraverso la fornitura di prodotti e di servizi post vendita di alta qualità, nonché dalla rapidità nella capacità di risposta dell'azienda.

Ovviamente il ritorno per gli azionisti che investono nella azienda è anch'esso molto importante e vengono garantiti per mezzo del raggiungimento di un elevato livello dei risultati operativi.

2.2 – I principi Lean

La produzione snella, o *lean manufacturing*, è una filosofia e un metodo sistematico per la riduzione degli sprechi all'interno di un sistema produttivo.

Essenzialmente ha come obiettivo il mantenimento delle sole attività che generano valore per il cliente e prevede uno studio approfondito dei processi produttivi, i quali sono sorgenti di errori.

Man mano che i problemi vengono intercettati, devono essere migliorati progressivamente nel corso della vita aziendale in modo da non farli diventare difetti. Questo nuovo modo di concepire la produzione interessa l'intera catena produttiva ed è atto a conferire una maggiore flessibilità all'impresa attraverso una radicale riconfigurazione del flusso del valore.

Il concetto di produzione snella è nato negli impianti produttivi *Toyota*, ma solo a partire dagli anni novanta, con il riconoscimento dell'azienda quale uno dei maggiori produttori al mondo di veicoli, il mondo accademico e industriale ha iniziato ad indagare sulle ragioni che hanno portato l'impresa

al successo. Gli studiosi James P. Womack e Daniel T. Jones nel loro libro “*La macchina che ha cambiato il mondo*”, misero a confronto i sistemi di produzione dei principali produttori statunitensi ed europei di automobili con la giapponese Toyota, rivelando la netta superiorità di quest'ultima rispetto a tutti gli altri. I tradizionali modelli Fordisti e Tayloristici furono superati da una questa nuova concezione di produzione, che consentiva di rispondere alle richieste del cliente in modo più efficiente ed efficace, focalizzando sempre e di più l'attenzione sulla riduzione dei costi aziendali e di conseguenza l'acquisizione di un buon livello di competitività.

Il perno attorno al quale ruota il successo di *Toyota* è il *lean thinking*, un insieme di cultura aziendale, corrente di pensiero e strumenti che raggruppano e analizzano tutti gli elementi che entrano in gioco nella produzione di un bene o servizio (*design* del prodotto, coordinamento della *supply chain*, produzione vera e propria e gestione dell'intera impresa) e che mirano alla flessibilità, l'essenzialità e la velocità nello scorrimento del valore all'interno dell'azienda, puntando alla precisione di produzione e al miglioramento.

L'obiettivo di riferimento è ideale e tende alla perfezione: produrre una qualità superiore, ad un costo più basso, in tempi più brevi.

FILOSOFIA TAYLORISTICA		FILOSOFIA LEAN
DOMANDA>OFFERTA	PRESUPPOSTO	OFFERTA>DOMANDA
VOLUMI	OBIETTIVO	QUALITA' E FLESSIBILITA'
JUST IN CASE	MODELLO LOGISTICO	JUST IN TIME
PARCELLIZZAZIONE DEL LAVORO	MODELLO ORGANIZZATIVO	ARRICCHIMENTO DELLE MANSIONI
ONE BEST WAY	EVOLUZIONE PROCESSI OPERATIVI	KAIZEN
PREZZO	FOCUS FORNITORI	QUALITA'
ELEVATO	TURNOVER FORNITORI	BASSO O NULLO
CONTROLLO ALLA FINE	APPROCCIO ALLA QUALITA'	CONTROLLO DURANTE
PERSONE ECCEZIONALI NEI PUNTI NEVRALGICI	ASPETTATIVE SULLE PRESTAZIONI	PROCESSI ECCEZIONALI

(Tabella 1)

Il miglioramento continuo è lo strumento che ha portato ad ottimizzare il flusso di materiali e informazioni e rappresenta quindi il supporto naturale al *Toyota Production System*, il quale si basa sulla creazione di flussi completi ed affidabili di materiali e informazioni.

Grazie alle attività di *continuous improvement* si è sviluppato il paradigma *Kaizen Pull Flow* progressivamente implementato lungo tutta la *supply chain*: si tratta di un modo completamente nuovo di gestire la produzione in quanto si basa su una logica di funzionamento del *business* trainato dalla domanda e non guidato dall'offerta. Come vedremo nei paragrafi successivi si tratta di

un supporto alle tecniche *Just in Time*. Per il miglioramento continuo ci si deve affidare ad un insieme di principi in grado di guidare il comportamento organizzativo:

1. **Qualità come obiettivo principale:** Crosby e Deming, tra gli altri, hanno sviluppato l'idea secondo la quale l'organizzazione è un vero e proprio mercato in cui sono presenti clienti e fornitori del processo e dove il compito dei secondi è soddisfare i primi. L'organizzazione diventa quindi una catena di clienti e fornitori nella quale ciascun fornitore ha come obiettivo l'eliminazione dei difetti. In altre parole, la presenza di un problema implica l'esistenza di una causa in una attività a monte dello stesso processo.
2. **Orientamento al *Gemba*:** il *Gemba* è quel luogo nel quale si svolgono le attività aziendali e l'obiettivo del sistema è cambiare e migliorare le abitudini delle persone che ci lavorano. Ciò significa, ad esempio, intervenire per cambiare il *layout* fisico o introdurre nuovi *standard*.
3. **Eliminazione degli sprechi:** esistono diverse forme di spreco e la loro eliminazione consente di migliorare la competitività.
4. **Sviluppo delle persone:** il sistema *lean* pone molta enfasi sull'importanza delle persone nelle attività di miglioramento. L'aspetto più utile e interessante è lo sviluppo e l'adozione di nuovi modi di agire che riducono costi, migliorano la qualità o migliorano il servizio per il cliente.
5. **Implementazione di metodi di *visual management*:** spesso un'immagine è molto più intuitiva rispetto a molte parole e ha il vantaggio di poter esprimere la situazione velocemente.
6. **Flusso trainato dalla domanda:** si tratta di organizzare l'intera *supply chain* in termini di un flusso ottimale di materiali e informazioni eliminando sprechi e attese inutili. Il tutto si traduce in una migliore gestione dell'inventario. In molte situazioni rappresenta il principio più importante ed è anche il punto di partenza dal quale Ohno ha rivoluzionato il paradigma esistente. Ragionare in ottica *pull* significa che il segnale che dà avvio al flusso di informazioni e materiali deve partire dal cliente finale e il ritmo con il quale i clienti avviano il flusso, si trasforma nel tempo ciclo richiesto dal mercato (*takt time*).

Lo spreco è stato definito da Soichiro Toyoda (presidente della Toyota Corp) come tutto ciò che eccede il minimo contributo di impianti, materiali, componenti, spazio e tempo uomo che sono assolutamente essenziali ad aggiungere valore al prodotto realizzato.

Normalmente nel reparto produttivo delle aziende sono presenti numerosi sprechi spesso sottovalutati o ignorati. In termini economici una loro riduzione durante la produzione comporta un margine di profitto più largo, poiché il prezzo finale può variare con più facilità, cercando allo stesso tempo di evitare il costo eccessivo derivato dall'eccessiva personalizzazione. Si risulta essere più competitivi e con una capacità d'adattamento maggiore rispetto a concezioni tradizionali, in modo da soddisfare istantaneamente la domanda del mercato.

In una logica *lean* l'esistenza di un flusso semplice e trasparente rende evidente la presenza di sprechi. Questi possono essere classificati in:

Muda: Sprechi e perdite presenti in un processo incapace di aggiungere valore al prodotto in quanto non sono funzionali al soddisfacimento di un bisogno di un cliente. Sono qui comprese anche le inefficienze nell'uso delle risorse.

Mura: Sono inconsistenze o squilibri nella variabilità della produzione, che portano a picchi di lavoro per lavoratori o attrezzature.

Muri: Sono attività di sovraccarico, le quali, se vengono poste all'interno di un processo, comportano risultati poco soddisfacenti.

Sia *Mura* sia *Muri* in ultima analisi generano *Muda*: le risorse vengono considerate uno spreco in senso stretto quando la capacità supera le necessità.

Questa metodologia è riconosciuta per aver posto la sua enfasi sulla riduzione dei "sette sprechi" originali della Toyota per migliorare il valore per il cliente:

- A. DIFETTI
- B. SOVRAPRODUZIONE
- C. TRASPORTI
- D. ATTESE
- E. MAGAZZINI
- F. ECCESSIVA MOVIMENTAZIONE
- G. OVER-PROCESSING

- A. **Prodotti Difettosi:** gli errori commessi nei processi produttivi costringono il processo ad attivare ulteriori risorse per produrre parti o prodotti altrimenti non necessari. Inoltre, nel momento in cui non vengono individuati dal controllo qualità, potrebbero portare il cliente a rifiutare il prodotto.

- B. **Sovrapproduzione:** consiste nella produzione o acquisizione di beni prima che il mercato li richieda. Questo spreco è portatore di rischi all'attività operativa in quanto nasconde i problemi di produzione e comporta costi dal punto di vista di gestione, protezione e obsolescenza. Spesso è il *muda* più evidente.
- C. **Trasporti di beni:** il tempo che il prodotto richiede per essere trasferito comporta costi e rischi in quanto potrebbe essere danneggiato, perso o potrebbe causare ritardi. Il trasporto, quando eliminabile, è essenzialmente un'attività che non aggiunge valore al materiale.
- D. **Perdite di tempo:** il tempo che i materiali o gli operatori trascorrono nell'attesa che il processo possa iniziare la trasformazione comporta costi e non aggiunge valore.
- E. **Accumuli di scorte:** le materie prime e il materiale in corso di lavorazione, così come i prodotti finiti, rappresentano capitale immobilizzato e non in grado di generare valore se presenti in quantità eccessiva. Spesso queste derivano da una inefficiente gestione del sistema produttivo legati alle attività di progettazione e coordinamento della attività
- F. **Movimenti di persone:** tale spreco si riferisce agli spostamenti che operatori e macchine devono compiere per poter procedere nel processo di trasformazione. Durante questi movimenti possono sorgere problemi di sicurezza e i materiali possono essere soggetti ad usura. Si tratta di un problema legato ad un *layout* non efficiente.
- G. **Perdite di processo:** l'impiego di più risorse rispetto a quelle necessarie per svolgere il processo di trasformazione oppure l'accadimento di guasti che rallentano il normale flusso delle attività, rappresenta un costo per l'azienda. Viene fronteggiato mantenendo le apparecchiature in ottime condizioni, implementando procedure di *Total Productive Maintenance* per la prevenzione sui guasti.

2.3- La Value Stream Mapping (VSM)

Le esigenze e le aspettative degli *stakeholders* devono riflettersi nell'offerta aziendale, poiché è il cliente che definisce il Valore di un'impresa, riconosce l'utilità dei suoi prodotti e lo quantifica in termini di prezzo e quantità vendute.

Il valore di un bene è quindi il bilancio tra qualità percepita, dopo l'esperienza del prodotto/servizio, ed il costo del bene. Dal punto di vista dell'azienda produttrice, massimizzare il valore di un bene per l'utente implica l'aumento del livello di soddisfazione al minimo costo unitario di produzione.

In generale il valore è composto da:

- Eccellenza nei contenuti della proposta creativa, che dovrà essere ampia e non dispersiva;

- Elevata flessibilità nel produrre a mix di prodotti variabili nel tempo e nei volumi;
- Riduzione dei lead time della filiera, dall'industrializzazione fino alla logistica.
- Miglioramento dell'affidabilità della supply chain, in modo da garantire il rispetto dei piani
- Miglioramento degli standard di qualità, ma soprattutto il loro mantenimento nel tempo;
- Abbattimento dei costi di produzione a parità di risultati.

Per questo motivo, il processo di miglioramento secondo la Toyota Production System, si avvale di cinque principi chiave per ottimizzare il flusso del valore (*value stream*), dal *concept* alla trasformazione del materiale in prodotto finito:

1) L'identificazione del Valore atteso dai Clienti

Questa prima fase permette di maturare una consapevolezza su ciò che il cliente richiede e che l'azienda fornisce, in modo da concentrare in seguito gli sforzi verso le sole attività che producono Valore. Il consumo di risorse è giustificato solo per produrre valore altrimenti è spreco (MUDA). Bisogna tentare di definire con precisione il valore in termini di prodotti specifici con caratteristiche specifiche, offerte a prezzi specifici attraverso un dialogo con clienti specifici.

2) Mappare il flusso del valore

Il flusso di valore per un dato prodotto consiste nell'intera gamma di attività necessarie per trasformare le materie prime in prodotto finito. Questa fase mette sempre in evidenza grandi quantità di spreco attraverso la classificazione delle attività in:

- a. Valore Aggiunto (Attività con le quali un prodotto acquisisce valore aggiunto percepito dal cliente e per le quali è disposto a pagare)
- b. Non a Valore Aggiunto Comprimiti (Attività che non conferiscono valore aggiunto ma devono essere svolte o non sono ancora eliminabili quindi devono essere ridotte al minimo indispensabile – Muda I° tipo);
- c. Non a Valore Aggiunto Eliminati (possono quindi essere eliminate da subito – Muda II° tipo).

Uno strumento molto efficace è il VSM (*Value Stream Mapping*), una mappatura grafica che fotografa la situazione attuale (*current state map*) in tutte le fasi del processo che concorrono alla realizzazione di un prodotto, partendo direttamente dal fornitore, passando per la catena di montaggio fino alla consegna del prodotto finito. Lo scopo del suo utilizzo è quello di far emergere potenzialità e criticità del sistema, ed elaborare un futuro piano organizzativo *lean* (*future state map*) volto all'ottimizzazione globale e continua.

La procedura individua le fasi del processo, ne calcola i tempi attuali necessari, e indaga sulle famiglie di prodotti; in particolare sulla dimensione del lotto, sui tempi di set up, sul tempo di ciclo e sul numero di operatori impiegati.

La Value Stream Mapping si basa su una filosofia di continuo miglioramento che tende ad un lead-time talmente tanto ridotto, da attivare il processo produttivo soltanto quando si ha la richiesta da parte del cliente; tutto questo è possibile attraverso tempi di set-up praticamente nulli. L'importanza del VSM è sottolineata anche da Womack e Jones nell'introduzione al libro "*Learning to See*" del 2003, quando affermano che nell'implementazione del pensiero snello molte aziende tendono a saltare la mappatura, pensando erroneamente che i problemi siano già noti ed evidenti.

3) Far scorrere il flusso del valore

Per un'azienda che intende diventare *lean* è fondamentale far scorrere il flusso, ossia l'insieme delle operazioni che creano valore nel prodotto offerto sul mercato. L'obiettivo è evitare che si creino colli di bottiglia, come code di produzione e di conseguenza WIP, riducendo i tempi di attraversamento.

Maggiore è il tempo di permanenza del prodotto non ancora finito, maggiori saranno i costi. Occorre migliorare la continuità delle prestazioni attraverso il livellamento e il bilanciamento delle linee per aumentare la produttività; infine garantire percorsi di formazione mirata, volta alla polivalenza del personale operativo.

Una tecnica di successo, già parzialmente implementata nella linea, è quella del one-piece-flow, che prevede la movimentazione di un solo pezzo alla volta lungo il processo produttivo. Questa logica è in opposizione rispetto al batch processing, il metodo tradizionale di produzione che prevede la creazione di grandi lotti prima dell'invio alla lavorazione successiva.

I vantaggi del one-piece-flow sono:

1. Aumento della qualità del prodotto: l'operatore deve maneggiare un solo pezzo alla volta, i difetti sono più evidenti e correggibili in tempi più brevi. Si evita così il rischio che un grande quantitativo di pezzi errati arrivi alla work station successiva.
2. Aumento della sicurezza: è dimostrato che la riduzione di materiale in movimento comporta una riduzione di potenziali situazioni pericolose per i dipendenti.
3. Riduzione del tempo di produzione attraverso l'eliminazione dei tempi di attesa e ritardi nella produzione.
4. Riduzione del magazzino
5. Potenziale aumento flessibilità e spazio necessario, grazie alla minor capacità produttiva richiesta.

4) Produrre secondo la logica pull e non push

In generale esistono due approcci alla gestione dei flussi: la logica *push* e la logica *pull*.

La gestione *push* (a spinta), anche detta su previsione avviene in condizioni di incertezza dove l'area *marketing* e vendite effettua una programmazione in base alle previsioni sui trend futuri, e quantifica la probabile domanda che si manifesterà in un dato periodo di tempo. Sulla base di queste stime l'area operation dell'impresa pianifica e gestisce la produzione per fare in modo che il cliente ottenga il bene nel minor tempo possibile.

In un sistema *push* la gestione dei componenti viene affidata alla gestione di un sistema *Material Requirements Planning* e alla teoria dell'*Economic Order Quantity*. Tale metodo consente di ricavare la quantità ottimale da ordinare al fornitore dati i costi di gestione del materiale e il costo dell'ordine: la minimizzazione dei costi totali restituisce la dimensione ottimale dell'ordine. Il sistema di *Material Requirements Planning* è in grado di valutare le quantità necessarie di materiali da acquistare in base alla produzione prevista e fornisce i pezzi alla fase a valle. Questo metodo si affida a delle previsioni quindi in un mercato dove la domanda non è stabile non è molto efficace e si rischia di:

- sottostimare la domanda e quindi rischiare stock-out provocando ritardi nella consegna degli ordini o perdita degli stessi;
- Oppure sovrastimare la domanda, generando prodotto in eccesso, immobilizzando una grande quantità di valore a rischio di obsolescenza.

Le caratteristiche principali di questo sistema sono:

- La gestione dei materiali non richiede adattamenti a causa della variabilità della domanda;
- Non è utilizzabile quando la variabilità è un fattore determinante del mercato;
- Consente di minimizzare i costi di gestione delle scorte;

- Alleggerisce il carico di lavoro per l'area *operations*.

Di conseguenza possiamo dire che tale sistema è ideale nel caso di domanda stabile per materiali di facile reperimento e gestione.

Nel sistema *pull (a trazione)*, è la fase di lavoro a valle che preleva i pezzi dalla fase a monte. Il ritmo e il mix della produzione vengono dettati dalla domanda effettiva che si manifesta, perciò la produzione del bene ha inizio solo a fronte dell'ordine del cliente, il quale regola il ritmo del processo produttivo.

Il sistema è autorizzato a produrre solo quando c'è bisogno di più parti nei centri di lavoro a valle. Questo significa che nessun centro di lavoro è autorizzato a produrre solo per tener impegnate le persone e i centri di lavoro occupati. Le attività di movimentazione e di produzione vengono autorizzate da un centro di lavoro a valle quanto ha necessità di parti o di componenti.

Il livellamento della produzione è uno dei pilastri di un sistema *pull* in quanto il miglioramento dei processi in ottica *lean* deve portare ciascun processo a produrre le quantità strettamente necessarie al processo a valle nel momento richiesto da quest'ultimo: si parla pertanto di *lean synchronization*.

L'approccio *pull* permette di:

- rispettare le sequenze di priorità dei clienti;
- compattare i lead time di produzione;
- ridurre il WIP;
- migliorare la qualità;
- efficientare i processi a monte che devono rispondere (*Just in Time*).

Esistono situazioni miste. I magazzini semilavorati, ad esempio, si prestano bene ad una gestione deterministica che, quindi, può coesistere con una gestione della produzione su previsione.

5) Miglioramento continuo

Il fine ultimo del *Lean manufacturing* è l'eliminazione dei *Muda* attraverso il *Kaizen (cambiare e migliorare)*. Esso è un'attività giornaliera e il suo scopo va oltre il miglioramento. E' un processo che permette anche di rendere il posto di lavoro più vivibile, aiuta a notare ed eliminare gli sprechi in un processo di lavoro rendendolo molte volte meno faticoso e stressante per l'operatore.

Mantenere una visione critica del ciclo produttivo consente infatti di scoprire i difetti più nascosti, poiché i *muda* accompagnano sempre un'operazione: non esiste un'azione perfetta, ovvero sono sempre presenti delle imperfezioni che possono essere cancellate o modificate in meglio.

Fermandosi all'eliminazione dei *muda* più evidenti, non si sarà mai in grado di andare al di là della superficie e quindi cambiare l'essenza del proprio modo di produrre.

Capitolo 3

La Lean in Santoni

In questo capitolo si parlerà delle principali tecniche Lean che sono state gestite durante l'attività di tirocinio, cosa è necessario per essere applicate e come queste sono state adattate in Santoni

3.1- Il metodo delle 5S

Il 5S è una procedura per la gestione dell'ordine e pulizia delle postazioni di lavoro.

Consiste in cinque principi fondamentali che mirano ad ottimizzare gli standard di lavoro, mantenendolo ordinato, pulito e piacevole, e quindi efficiente ed efficace. Il termine deriva dalle iniziali delle parole giapponesi che descrivono questi principi, il cui rispetto porta ad una azienda ordinata con maggiore produttività, minori difetti e migliore qualità.

In ogni azienda l'implementazione delle 5S è il punto di partenza che permette il miglioramento delle attività produttive e lo sviluppo futuro. Questo perché, nelle attività quotidiane di un'azienda, vengono eseguite abitualmente attività di scelta e separazione, sistemazione e organizzazione, controllo, tutte fondamentali per ottenere un flusso delle attività lineare ed efficiente

Ciascuna S ha un determinato significato:

1. **Seiri**: significa selezionare o, meglio, distinguere ciò che è necessario da ciò che non lo è ed eliminare il superfluo.
2. **Seiton**: significa ordinare e predisporre i materiali e gli strumenti per la lavorazione del prodotto in posizioni predefinite e più consone per il relativo uso, consente di minimizzare il tempo dedicato alla ricerca degli oggetti, l'uso e la sistemazione.
3. **Seiso**: è molto importante mantenere pulito il luogo di lavoro rimuovendo qualsiasi fonte di sporcizia da attrezzature e aree di lavoro, in modo da identificare subito anomalie e irregolarità di funzionamento.
4. **Seiketsu**: il principio vuole fare in modo che il processo di implementazione delle prime tre S sia standardizzato e controllato. Infatti, definire delle metodologie ripetitive, permette di continuare l'attività di razionalizzazione delle risorse e degli strumenti senza cadere nuovamente nello spreco.
5. **Shitsuke**: il mantenimento dell'ordine e della pulizia, attraverso l'autodisciplina e con l'utilizzo sistematico degli standard. Sarà inoltre necessario un monitoraggio continuo e verifiche periodiche sull'applicazione delle 5S nella postazione e nel reparto.

1° Scegliere e separare (First pillar - Sort)

Il Primo passo da compiere per la messa a punto del sistema riguarda la rimozione dalla postazione di lavoro di tutto ciò che non serve al processo produttivi in corso. La corretta applicazione di questo punto permette la riduzione di problemi e interferenze nel flusso lavorativo, una maggiore qualità dei prodotti e un aumento della produttività. Questo primo punto si basa sulla strategia del cartellino rosso "red-tag", un semplice metodo che permette di identificare oggetti potenzialmente non necessari in azienda o in magazzino, valutare il loro effettivo utilizzo e imparare a trattarli in maniera adeguata. Per mettere in atto questo sistema è necessario creare un apposito spazio "red-tag area", la quale consiste in una zona messa a disposizione per l'immagazzinamento degli oggetti con cartellino rosso che hanno bisogno di ulteriore valutazione. Gli oggetti riposti in quest'area vengono posti sotto osservazione per un periodo di tempo prestabilito. Generalmente il lancio del metodo "red-tag" richiede da parte della compagnia lo sforzo di creare un'area centrale, per il flusso degli oggetti che non possono essere posti al di fuori dalle singole aree di produzione. Ogni area produttiva che prende parte al sistema, necessita inoltre di un locale per il controllo del flusso degli oggetti "red-tag" all'interno dell'area di produzione stessa. Il sistema del "Cartellino rosso" è costituito da sette steps.

1. Lancio del sistema "red-tag" in un'area produttiva, o in tutta l'azienda.
2. Individuare gli obiettivi del sistema, ovvero identificare gli oggetti e le aree di lavoro da valutare.
3. Definire i criteri di valutazione. Tre sono i fattori che determinano la definizione dei criteri: il possibile utilizzo di un oggetto nel corso della produzione in atto; la frequenza con la quale un determinato oggetto viene utilizzato; e la quantità di oggetti che sono necessari per svolgere il lavoro.
4. Consiste nella produzione dei cartellini. Il sistema "red-tag" ha lo scopo di supportare i processi dell'azienda, documentare e riportare i risultati di quanto messo in atto.
5. Fissaggio dei cartellini rossi agli oggetti, possibilmente in tempi rapidi (1-2 giorni) , sull'intera area.
6. Valutazione degli oggetti, seguendo i criteri stabiliti precedentemente.
7. Analisi dei risultati ottenuti. Ogni azienda dovrà poi stabilire un proprio metodo di documentazione e valutazione dei risultati e delle informazioni ottenute.

Una volta compiuto il quinto step è necessario fare attenzione al fatto che alcuni oggetti possono essere accumulati in determinate aree di produzione o del magazzino. Importante è fissare il numero esatto di cartellini rossi utilizzati; applicarne uno per ogni singolo oggetto.

2° Sistemare e organizzare (Second pillar - Set in Order)

Il secondo passo delle 5S è Sistemare e Organizzare: gli oggetti/attrezzi devono essere disposti in maniera tale che siano facile da identificare, utilizzare e riporre. Questo è molto importante in quanto permette di eliminare numerosi sprechi di tempo nello svolgimento delle attività produttive. La sistemazione e l'organizzazione permettono di ottenere una maggiore fluidità e linearità nelle attività produttive; questo concetto è il punto centrale della standardizzazione.

Per standardizzazione si intende la messa a punto di un sistema che permette di portare a termine procedure e mansioni in maniera adeguata. La postazione di lavoro deve essere ordinata, in quanto solo così è possibile effettuare la standardizzazione in maniera efficace. Per valutare l'adeguamento e il miglioramento degli standard del secondo punto del sistema 5S, si utilizzano campionature visive.

Il punto di partenza per mettere a punto "Sistemare e Organizzare" consiste nel decidere un'appropriata locazione degli oggetti/attrezzi. Due serie di principi possono aiutare a prendere questa decisione: come riporre mascherine, attrezzi e bulloni e il principio dell'economia di movimento. Quest'ultimo aiuta a minimizzare gli sprechi, e permette di analizzarne le cause. L'analisi dell'economia di movimento può aiutare a scoprire processi produttivi che hanno uno spreco di movimento prossimo allo zero. Per mettere a punto il secondo principio si ricorre alla mappa delle 5S, uno strumento che permette di valutare la collocazione attuale di mascherine, attrezzi, equipaggiamenti e macchinari, per poi deciderne la sistemazione migliore basandosi sulle due serie di principi descritti sopra.

Una volta decisa la sistemazione degli oggetti il passo successivo consiste nel deciderne la locazione. Per identificare dove riporre un determinato oggetto e in che quantità si possono usare due strategie, si utilizza la tecnica della pittura (indicazione dei percorsi da seguire sul pavimento) e dei segnali. Altre due strategie utilizzate per identificare la giusta collocazione di un oggetto sono il codice basato sui colori, e il metodo dei contorni.

3° Controllare l'ordine e la pulizia creati (Third pillar - Shine)

Questa attività prevede che tutto sia ordinato e pulito, così che tutti gli oggetti/attrezzi siano sempre disponibili e pronti all'uso. Quando questo terzo principio non viene applicato, si possono creare diversi problemi tra i quali: diminuzione del morale degli operai, rischi per la salute, rotture degli oggetti/attrezzi, e aumento del numero dei prodotti difettosi.

Cinque sono gli steps necessari per l'applicazione del "Controllo ordine e pulizia":

1. Determinare i gli obbiettivi;
2. Determinare le responsabilità;
3. Determinare i metodi;
4. Preparare il materiale necessario;
5. Applicare il metodo.

Fondamentale è la comprensione del concetto che la responsabilità della pulizia e della postazione di lavoro, è di tutti coloro che la occupano.

Due strumenti utilizzati per implementare questo terzo punto sono: la scheda delle 5S e i "5 minuti". La scheda delle 5S indica per area e per giorno i responsabili della pulizia; i "5 minuti" hanno lo scopo di fare capire a tutti che la pulizia deve essere una pratica quotidiana e non una perdita di tempo.

Questo terzo punto prevede non solo un'applicazione sistematica di pulizie quotidiane e pulizie più estese, ma anche di ispezioni regolari, le quali possono essere incorporate nella procedura di ordine/pulizia. Utilizzando questo sistema si crea un parallelismo tra le due procedure, che consente un maggiore controllo sul mantenimento dei macchinari e dell'equipaggiamento. La metodologia si svolge su più passaggi:

- Determinare gli obiettivi della pulizia/ispezione;
- Assegnare i lavori di pulizia/ispezione;
- Determinare i metodi di pulizia/ispezione;
- Applicazione della pulizia/ispezione, utilizzando la propria sensibilità per rilevare eventuali anomalie;
- Predisporre un equipaggiamento adeguato alla risoluzione immediata di piccoli problemi, o predisporre una richiesta di intervento alla squadra di manutenzione mediante l'apposito modulo.

4° Standardizzare (Fourth pillar - Standardize)

Standardizzare è il risultato della corretta applicazione delle prime tre procedure. Lo scopo principale della standardizzazione è evitare la mancata applicazione dei tre processi precedenti, al fine di renderli un'abitudine quotidiana, e assicurare che siano mantenuti e migliorati nel tempo. Solo seguendo questa filosofia è possibile una reale ed efficace implementazione del quarto processo. Per standardizzare la procedura del 5S occorre:

- Definire i responsabili operativi dei processi;
- Integrare i processi nelle normali attività di lavoro;

- Controllare e mantenere i processi.

Per il mantenimento dei tre "Pillars", ognuno deve conoscere esattamente le proprie responsabilità, "il quando, il come e il dove". I processi delle 5S devono diventare parte del normale flusso di lavoro in maniera abituale ed efficace. Gli strumenti utilizzati per mettere a punto le procedure di Scegliere e Separare, Sistemare e Organizzare, Controllo dell'ordine e della pulizia, Standardizzare sono solitamente: la scheda dei cicli di lavoro delle 5S, la tecnica dell'osservare, i "5 min" e la Checklist del reparto. La seconda fase da seguire per la giusta applicazione della Standardizzazione è la prevenzione, ovvero non si deve mai infrangere l'applicazione delle prime 3S. L'applicazione di questo concetto trasforma le procedure sopra elencate in procedure preventive. L'azione preventiva in Scegliere e Separare consiste nell'individuare il metodo che permette di evitare l'accumulo di oggetti/attrezzature inutili, in modo tale che chiunque possa trovare sempre la stazione di lavoro pulita e ordinata. L'azione preventiva di Sistemare e organizzare consiste nell'evitare l'inosservanza della procedura stessa. Questo può essere ottenuto rendendo impossibile o difficile la sistemazione degli oggetti nel posto sbagliato. L'azione preventiva di Controllo dell'ordine e della pulizia consiste nell'evitare che tutto si sporchi; questo lo si può fare trattando il problema alla base, ovvero individuando la fonte di "contaminazione".

5° Sostenere (Fifth pillar - Sustain)

Il quinto passo, Mantenere nel tempo, ovvero fare sì che le procedure messe in atto diventino un'abitudine e vengano mantenute nel corso del tempo. Non importa quanto bene siano stati applicate le prime quattro procedure, ma il sistema non può funzionare a lungo se non si applica anche quest'ultima di mantenimento. A differenza delle prime quattro procedure, questa non può essere applicata seguendo tecniche particolari, e nemmeno può essere misurata; è però possibile che ogni dipendente, o l'azienda stessa, creino condizioni ottimali per favorire l'applicazione delle 5S. Per il mantenimento delle 5S è molto importante sia l'impegno dell'azienda che quello dei dipendenti, infatti la prima parte del "mantenimento" prevede la creazione delle condizioni ottimali allo svolgimento di tutti i processi del sistema 5S. La seconda parte prevede, invece, una chiara dimostrazione dell'impegno dei dipendenti nel voler attuare le 5S.

3.2- l'applicazione delle 5S in Santoni

I principi delle 5S si sono applicati in tutti i reparti della azienda. A ognuno di essi è assegnato un responsabile di zona, coinvolto nell'assegnazione dei compiti ai vari operatori, nel monitoraggio dei KPI e nella promozione di interventi migliorativi di reparto. Una volta a settimana ogni reparto svolge uno stand up meeting, ovvero delle brevi riunioni della durata ideale di 5 minuti dapprima presiedute da un *Kaizen Promotion Officer* (KPO), ed in seguito in maniera autonoma dal caporeparto. In questa riunione emergono le maggiori criticità e problematiche di reparto e di conseguenza e vengono proposti dei miglioramenti risolvibili nel breve periodo e con costi limitati, descrivendoli in appositi moduli chiamati **Quick Kaizen**, le richieste vengono gestite dal capo reparto e dal team del 5S attraverso la procedura PDCA.

The image shows a 'Quick Kaizen' form, which is a structured template for identifying and solving problems. It is titled 'QUICK KAIZEN' and 'PROCEDURA DI MIGLIORAMENTO'. The form is divided into several sections: a header with fields for 'Data' and 'Area'; a section for 'DESCRIZIONE DEL PROBLEMA' (Problem Description) with a large text area; a section for 'CAUSE' (Causes) with a smaller text area; a section for 'P' (Plan) with a table for planning actions; a section for 'D' (Do) with a table for tracking progress; a section for 'C' (Check) with a table for monitoring results; and a section for 'A' (Act) with a table for standardizing the solution. The form is designed to be filled out by operators and management to implement continuous improvement.

Figura 2-Quick kaizen

Per ogni area del 5S in reparto viene assegnato di volta in volta un punteggio da due operatori che il capo reparto alterna ogni due settimane. Il punteggio viene assegnato per mezzo di un **audit**, ovvero una **check list** di domande utili a individuare e misurare i problemi in ciascuna area del 5S precedentemente introdotto. Si dovrà assegnare un punteggio da 0 a 5 per quanto riguarda **SISTAMAZIONE, ORDINE, PULIZIA, SOSTENIBILITA', STANDARDIZZAZIONE E SICUREZZA**.

		55 Checklist di riferimento		REPORTO	
		Situazione		Situazione	
		Situazione		Situazione	
1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2
	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2
1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3
	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3
1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4
	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4
1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5
	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5
1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6
	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6
1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7
	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7
1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8
	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8
1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9
	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9
1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10
	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10

Figura 3- Check list 5S

Questa attività permette di identificare le macchine o le attrezzature obsolete o malfunzionanti che necessitano di manutenzione, oppure di rottamazione e sostituzione quindi di spostamento. Ogni tipo di attrezzatura ambigua va spostata nell' **Area Rossa**, una zona opportunamente delimitata, dove il suo contenuto è prossimo alla rottamazione entro 30 giorni. Entro questa data le attrezzature o materiali spostati, possono essere recuperati da un responsabile se lo ritiene opportuno. Ogni richiesta di questo genere viene etichettata con un modulo **Red Tag** di colore rosso, che indica tutte le informazioni necessarie alla registrazione digitale: DATA, DESCRIZIONE, UBICAZIONE, CATEGORIA, MOTIVAZIONE E AZIONE RICHIESTA.

CARTELLINO ROSSO	
DATA	DESCRIZIONE
DESCRIZIONE OGGETTO	
UBICAZIONE	
RESPONSABILE	AZIONE
QUANTITA'	RAZIONE
CATEGORIA	
<input type="checkbox"/> MACCHINA <input type="checkbox"/> ATTREZZATURA <input type="checkbox"/> PARTI DI RICAMBIO <input type="checkbox"/> ATTREZZI <input type="checkbox"/> ALTRO	<input type="checkbox"/> MATERIA PRIMA <input type="checkbox"/> RIFIUTO/SCARICO <input type="checkbox"/> MATERIE DI CONSUMO <input type="checkbox"/> CONTENITORI
MOTIVAZIONE	
<input type="checkbox"/> ROTTAZIONE <input type="checkbox"/> DIFETTOSO NON RIPAR. <input type="checkbox"/> ECCELENTE <input type="checkbox"/> SOSPESO <input type="checkbox"/> MANCANTE <input type="checkbox"/> ALTRO	<input type="checkbox"/> OBSOLETO/SCADUTO <input type="checkbox"/> MULTIPLO <input type="checkbox"/> NON NECESSARIO <input type="checkbox"/> DIFETTOSO DA RIPAR.
AZIONE RICHIESTA	
<input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 35	<input type="checkbox"/> RESTITUIRE A <input type="checkbox"/> RIMOVERE E INVIARE <input type="checkbox"/> RIUTILIZZARE <input type="checkbox"/> SPOSTARE NELLA ZONA ROSSA <input type="checkbox"/> ROTTAMAZIONE/DISCARICA <input type="checkbox"/> ALTRO
<input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 35	<input type="checkbox"/> SPOSTARE IN ALTRA ZONA <input type="checkbox"/> IDENTIFICARE <input type="checkbox"/> DELIMITARE AREA <input type="checkbox"/> CHIAMARE CARTELLI <input type="checkbox"/> ALTRO
<input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 35	<input type="checkbox"/> ELIMINARE <input type="checkbox"/> RIPARARE <input type="checkbox"/> MANUTENERE <input type="checkbox"/> ALTRO
RESPONSABILE AZIONE	
NOTE	

Figura 4-Modulo RedTag

I quick kaizen e i red tag vengono raccolti e registrati nel sistema in modo da tenerne traccia, gestirne l'avanzamento e permetterne la condivisione

#	TIPOLOGIA	OPERATORE	REPARTO	DESCRIZIONE	NOTE	Avanzamento SI/NO	DATA DI RICHIESTA	DATA SCADENZA	P	D	C	A
224	QK	Operatore1	TAGLIO	rotore macchina taglio EC-400		si	14-mag		✓			
213	QK	Operatore2	MAGAZZINI O PELLAMI	carrozze 80x120x100 (70°)			08-mag					
222	QK	Operatore3	TAGLIO	calcolatrice		si	16-mag		✓			
216	QK	Operatore4	TAGLIO	4 carrelli per palletti		si	19-mag		✓			
214	QK	Operatore5	TAGLIO	boccine di acqua minerale		si	18-mag		✓			

Figura 5-Registro QK complessivo

#	TIPOLOGIA	OPERATORE	REPARTO	DESCRIZIONE	NOTE	Avanzamento SI/NO	DATA SCADENZA	P	D	C	A
22	RT	Operatore1	FINISSAGGIO	Sacco aspirazione da sostituire				✓			
193	RT	Operatore2	FRESATURA	Mancipante inutilizzato				✓			
154	RT	Operatore3	GOODYEAR	Attrezzatura da riparare	CHUSO			✓	✓	✓	✓
207	RT	Operatore4	GOODYEAR	Riparare macchina con fili scoperti				✓	✓	✓	✓
179	RT	Operatore5	TAGLIO	Cassetto metallico in rottami	CHUSO			✓	✓	✓	✓
323	RT	Operatore6	CUCCIT. A.MANO	80 Scafole con scarpe su misura da spostare				✓			

Figura 6- Registro Red Tag

Ogni reparto possiede una bacheca dove vengono applicate le performance di qualità del reparto vengono raccolti i punteggi degli audit sul 5S e i moduli del quick kaizen e red tag, ognuno nei rispettivi spazi a seconda del loro stato di avanzamento: vuoti; compilati; in esecuzione; chiusi. Ogni settimana dopo ogni stand-up meeting la bacheca viene aggiornata.



Figura 7- Bacheca 5S di un reparto

L'utilizzo di questo approccio ha comportato un aumento di consapevolezza degli operatori ed un maggior controllo dei capi reparto migliorando lo stato di utilità, pulizia e organizzazione.

3.3- La gestione della Qualità

In un sistema di business volto alla produzione snella, il concetto più importante in assoluto è la garanzia che i processi produttivi ottengano la qualità richiesta dai clienti. Oltre a garantire le migliori condizioni operative (competenze, informazioni, posto di lavoro, materiali, ecc.) e motivazionali (sentirsi parte attiva, condividere gli obiettivi, tendere al miglioramento) è necessario un controllo continuativo del risultato, in modo da verificare la qualità, evitando di far avanzare difetti lungo i processi; individuando preventivamente i problemi e apprendendo da essi.

Gli errori infatti possono essere commessi in ogni ambito, ma un mancato apprendimento unito alla non adozione di contromisure, lo trasforma in difetto. I difetti rappresentano per l'azienda un costo, e sono tanto più dannosi e difficile da correggere, man mano che la rilevazione si allontana dal tempo e dal luogo in cui si verificano. Un difetto nelle mani dei clienti tradisce l'aspettativa riposta sull'affidabilità dell'azienda.

Il cliente determina dei **Requisiti di Qualità**, ovvero l'insieme delle specifiche sul prodotto che vanno a soddisfare i bisogni impliciti ed espliciti del l'utente e della società nel suo complesso. Una mancanza totale o parziale di un requisito è una **Non Conformità** che può avere vari livelli di gravità a seconda se si verifica internamente o esternamente al reparto.

3.3.1- Metodologia PDCA

W. Edwards Deming (1900-1993), ritenuto il padre della terza ondata della rivoluzione industriale, sosteneva che qualsiasi processo può essere visto come un ciclo che ha quattro fasi:

- *plan* (progettare, pianificare),
- *do* (agire, realizzare),
- *check* (controllare)
- *act* (stabilizzare o correggere e riavvio del ciclo di intervento).

L'idea di ciclo non è nuova e, come si sa, proviene dalla ricerca scientifica, che utilizza lo schema ipotesi-attuazione-verifica-nuova ipotesi e, come è altrettanto noto, è insito nella natura e nelle leggi che governano il mondo. La novità della riflessione operativa di Deming consiste nell'aver applicato l'idea del ciclo (e della ricerca) unitamente a quella di sistema complesso alle organizzazioni, che vengono così considerate degli organismi individuali, soggetti di studio e di intervento. Esistono molte elaborazioni e varianti della "ruota" di Deming.

Il giapponese Ishikawa ha elaborato una delle versioni più conosciute del ciclo PDCA, applicabile a tutti i tipi di processo:

Plan

Determinare gli obiettivi e i destinatari. Gli obiettivi risultano evidenti soltanto se l'alta direzione ha formulato la politica dell'organizzazione. Gli obiettivi devono essere indicati in modo concreto e dettagliato e occorre fornire a tutti gli operatori le informazioni necessarie. Gli obiettivi devono essere quantificati e devono riguardare problemi che l'organizzazione può risolvere con la collaborazione di tutte le funzioni. Quanto più l'organizzazione è orizzontale, e priva di frontiere, tanto più sarà facile coinvolgere il personale nel raggiungimento degli obiettivi;

Do

Svolgere il lavoro. Nessuna procedura basata su standard, ritenuti erroneamente perfetti, può garantire un'esecuzione priva di difetti. L'operatore applica quanto sa e ha appreso, tenendo presenti gli standard, ma utilizzando la propria esperienza ed abilità. Il singolo operatore può però applicare anche solo nel proprio ambito un ciclo PDCA contribuendo in modo determinante al miglioramento continuo dell'organizzazione;

Formazione e istruzione. La formazione del personale è indispensabile per la comprensione, applicazione e miglioramento degli standard di lavoro. La distribuzione e la delega di responsabilità, fattore insostituibile per la realizzazione di un sistema qualità, risulta possibile solo con operatori formati;

Check

Controllare gli effetti della realizzazione. Lo scopo del controllo è scoprire ciò che viene realizzato in modo non accettabile e contrario ai risultati attesi. Il problema, in questo caso, diventa come scoprire le non conformità.

Act

Intraprendere azioni adeguate. L'essenziale non è trovare le cause delle negatività, quanto prendere le iniziative adeguate ad eliminarle. Non è sufficiente apportare modifiche ai fattori casuali individuati, occorre eliminarli. Correggere e prevenire sono due azioni diverse e separate. Per eliminare le cause delle criticità è necessario risalire fino alla fonte stessa del problema e prendere le misure adeguate.

La gestione della qualità secondo la filosofia di Deming si riassume attraverso 14 punti:

1. Creare una tensione costante focalizzata al miglioramento dei prodotti e dei servizi.
2. *Adottare una nuova filosofia che rifiuti con decisione la scarsa professionalità, i prodotti difettosi e i disservizi, il costo dei rifiuti e delle rilavorazioni rappresenta un enorme spreco.*

3. *Non limitarsi al semplice controllo ispettivo, la qualità deriva da un'azione di preventivazione delle difettosità.*
4. *Non considerare il prezzo come l'unico strumento di trattativa con i fornitori, ma scegliere in base all'uso di metodi di miglioramento della qualità e alla dimostrata capacità del processo.*
5. *Migliorare costantemente e ininterrottamente il proprio sistema di produzione, attraverso i metodi statistici.*
6. *Istituire metodi moderni di addestramento, riguardanti aspetti tecnici e teorici sulla qualità.*
7. *Istituire metodi moderni di supervisione, che risultino di ausilio per la soluzione dei vari problemi.*
8. *Sconfiggere la paura, motivare i dipendenti sulla riuscita del processo.*
9. *Abbatte le barriere tra le aree funzionali aziendali, promuovendo la cooperazione tra tutte le unità organizzative.*
10. *Abolire gli slogan, gli obiettivi numerici e le esortazioni. Programmi senza informazioni su come raggiungerli, possono rivelarsi controproducenti.*
11. *Abolire gli standard e le quote di produzione, storicamente fissati senza riferimento alla qualità.*
12. *Rimuovere le barriere che impediscono ai dipendenti di eseguire bene il proprio lavoro, poiché chi svolge il lavoro ne conosce tutti gli aspetti operativi e pratici e spesso sviluppa idee apprezzabili sul modo di svolgerlo meglio.*
13. *Incoraggiare programmi di formazione e addestramento, in modo da rendere ognuno partecipe del processo di miglioramento aziendale.*
14. *Creare una struttura nel top management che si faccia carico di promuovere tutti i 13 punti precedenti.*

3.4- Strumenti della Qualità

La gestione della qualità dei processi, e di conseguenza dei prodotti, combina l'approccio di tipo strategico ed economico-finanziario, con tecniche organizzative mirate alla qualità e all'impiego di strumenti statistici per la verifica della regolarità del processo di produzione (SPC, *Statistical Process Control*).

Alla base c'è la raccolta dei dati, di diverso tipo (misura, conteggio, merito relativo ecc.), i quali necessitano di un controllo sulla loro validità in modo da permettere una valutazione oggettiva. Essi solitamente sono dei moduli appositamente progettati o *check list* sui quali sono riportati appositi spazi che consentono la raccolta semplice e sintetica delle informazioni.

Ogni informazione, tra cui la frequenza delle difettosità riscontrate, in seguito può essere filtrata e rappresentata attraverso dei diagrammi di dispersione, o più comunemente con gli **Istogrammi**.

Una rappresentazione molto efficace è il **Diagramma di Pareto**, costruito sulla legge universale delle priorità o legge 80/20 per cui l'80% dei difetti e dei loro costi è generata da un numero molto piccolo di cause che si aggira intorno al 20 %. L'individuazione visiva delle barre più alte del diagramma consente di scegliere l'obiettivo su cui concentrare gli sforzi, ed ottenere quindi un miglioramento. In genere dopo aver preso provvedimenti migliorativi, l'ordine delle barre del diagramma può variare, con lo scopo che la loro altezza decresca gradualmente.

Una volta individuato il difetto più frequente, o l'effetto, si procede con la determinazione delle cause da cui è scaturito. Uno strumento che permette di mostrare le relazioni tra le caratteristiche qualitative e i suoi fattori è il **Diagramma di causa-effetto**, o a spina di pesce di Ishikawa.

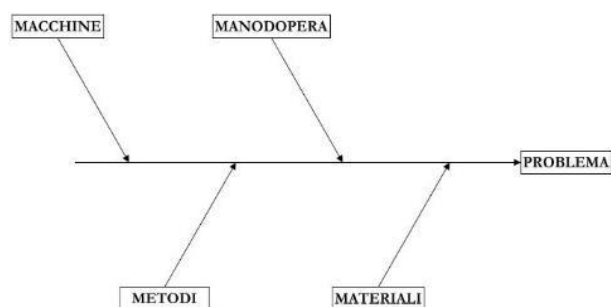


Figura 8-Diagramma di Ishikawa

Affinché la ricerca delle cause sia condotta efficacemente è necessario procedere secondo i seguenti passi:

1- Costituzione di un team di persone con esperienza sull'attività che ha generato il problema;

2- Brainstorming sulle possibili cause;

3- Costruzione del diagramma;

4- Indagini sulle cause probabili utilizzando per esempio la **Stratificazione dei fattori di causa** (suddivisione dei dati raccolti in gruppi omogenei, che permettano una migliore comprensione del fenomeno che si sta analizzando) o il **Diagramma di correlazione** (evidenzia la dipendenza reciproca fra due grandezze);

5- Individuazione dell'azione correttiva più opportuna;

6- Verifica dell'efficacia dell'azione correttiva.

Per individuare meglio le cause solitamente si fa riferimento a quattro classi di variazione principale (4M): Materiali, Metodi di lavorazione, Macchine, Manodopera. Spesso si scende ancora più in profondità aggiungendo l'Ambiente di lavoro.

Una volta che il processo viene normalizzato e dopo l'applicazione degli standard qualitativi e di metodologia, la sua evoluzione nel tempo può essere tracciata attraverso le **Carte di controllo**, lo strumento più robusto per l'individuazione delle cause "speciali"⁴ di errore.

Tutta l'organizzazione deve essere coinvolta nella ricerca di miglioramento, considerando che ogni attività aziendale ha un cliente o più di uno che ricevono l'output. Quindi è spesso utile considerare l'approccio della "qualità alla sorgente" con cui ogni lavoratore è responsabile di ciò che fa. Esso incorpora il concetto di "fallo bene" e la motivazione "Se non è fatto bene aggiustalo". Ci si aspetta che i lavoratori forniscano prodotti conformi e siano in grado di correggere gli errori che avvengono nelle aree di loro competenza. In effetti ogni lavoratore diventa un ispettore di qualità del suo lavoro. Quando il lavoro passa all'operazione successiva, o le lavorazioni cessano perché esso è stato completato, il lavoratore certifica che il lavoro rispetta gli standard di qualità.

Ciò produce molti effetti: il primo deriva dal fatto che dare la possibilità alla persona che direttamente la influenza, non fa altro che rimuovere le relazioni competitive che spesso esistono tra gli ispettori e i lavoratori della produzione. Inoltre, i lavoratori sono più motivati essendo stato fornito loro il controllo su quello che fanno.

3.5- Cantiere Qualità

Nei reparti sono stati aperti dei cantieri Qualità per la raccolta dati inerente alle difettosità riscontrate in ogni postazione di lavoro. Questo sistema amplifica la consapevolezza della maestranza, rendendola partecipe di un processo di verifica dell'intero sistema produttivo, attraverso le matrici di auto-qualità; egli collabora al riconoscimento e alla riduzione dei problemi, accorgendosi maggiormente anche del proprio lavoro, per non incombere nell'errore. Mensilmente i dati complessivi vengono mostrati al relativo reparto così come avviene per i KPI 5S.

Gli operatori sono sollecitati dal proprio Capo reparto e dall'Ingegnere di processo a rilevare ogni non conformità, e trascriverla in un modulo appositamente configurato.

Ognuno dei moduli riporta l'operatore e il reparto d'appartenenza. Dopodiché ogni record della tabella avrà:

- Data
- Cartellino
- N° paia difettose / N° paia totali del lotto
- Tipologia difetto
- Presunto reparto di origine del difetto
- Punto di rilevamento del difetto (Autocontrollo o Operatore a valle)
- Tempo e reparto di rilavorazione
- Gravità (Rilavorazione necessaria/ Scarto)

L'elenco della tipologia dei difetti è accertata dai vari responsabili aziendali, ed è un'informazione consolidata nel sistema di gestione della qualità.

Di seguito un ritaglio del modulo di rilevazione di non conformità fornito agli operatori.

TEAM LEADER:																				RITIRO:																				
WEEK:	MODULO RILEVAZIONE NON CONFORMITA'																																							
SEDE	POSTAZIONE: PRE-MONTAGGIO																																							
D074	Tomaia scarsa per il montaggio																																							
CARTELLINO																																								
PAIA																																								
TEMPO																																								
ORIGINE	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A
GRAVITA'	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
D121	Modello da rivedere (per modelleria)																																							
CARTELLINO																																								
PAIA																																								
TEMPO																																								
ORIGINE	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A
GRAVITA'	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
D032	Orlatura storta																																							
CARTELLINO																																								
PAIA																																								
TEMPO																																								
ORIGINE	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A
GRAVITA'	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
D073	Scasso sottopiede non conforme per il montaggio																																							
CARTELLINO																																								
PAIA																																								
TEMPO																																								
ORIGINE	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A	T	O	M	F	A
GRAVITA'	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
T: TAGLIO O: ORLATURA M: MONTAGGIO F: FINISSAGGIO A: ANTICATURA																			1: RILAVORAZIONE NECESSARIA 5: SCARTO																					

Figura 8-Modulo rilevazione non conformità

Tutto viene caricato in un database da cui è possibile analizzare i dati e ricavare tutte le informazioni necessarie alla gestione delle non conformità.

Le informazioni ricavate da questi moduli sono molteplici. Da queste si possono confrontare trend delle difettosità nei vari periodi per analizzare la periodicità e la ricorrenza; si può capire se alcuni difetti interessano un particolare tipo di modello o di materiale; ecc.

Segnalare le non conformità è una attività fondamentale che non può mancare in un sistema produttivo, è uno strumento che serve per essere sempre aggiornati sui problemi che si presentano in reparto. Con le rilevazioni si può valutare l'impatto dei difetti sui costi della produzione. Attivando problem solving sulla base delle informazioni si può risalire a inefficienze e si possono intraprendere azioni per risolverle.

In più l'operatore è sensibilizzato al tempo stesso a porre maggior attenzione al prodotto che ha tra le mani, percependo maggiormente l'importanza di bloccare prodotti non conformi evitando che avanzino lungo il ciclo, il caporeparto inoltre controllando periodicamente i moduli durante la settimana può rendersi conto di ciò che succede all'interno del suo reparto più facilmente e, quando possibile, eliminare immediatamente le cause di una non conformità.

Ogni settimana vengono raccolti i moduli, caricati i dati ed estratte le informazioni che derivano da questi. Poi ogni responsabile viene messo al corrente delle prestazioni del proprio reparto. I capi reparto e i team leader si occupano di mettere a disposizione i risultati dei report pubblicando sui tabelloni di reparto i grafici riguardanti le non conformità di cui verranno parlate brevemente

durante lo stand-up meeting settimanale. Da qui il passo successivo è quello di capire su quale problema è meglio aprire un problem solving con l'obiettivo di massimizzare il beneficio ottenibile. I problem solving sono strumenti per risalire alla causa radice del problema con metodo e in maniera strutturata.

Capitolo 4

Approccio alla simulazione

L'idea dell'utilizzo di un programma di simulazione parte dalla necessità di dover monitorare il comportamento di un reparto che recentemente ha adottato una nuova configurazione del layout, per studiarne l'andamento e le criticità in modo da poter intervenire il prima possibile.

Il reparto in questione è quello del finissaggio nello stabilimento Sede. La modifica ha avuto origine dal bisogno di eliminare tutte quelle inefficienze dovute a cicli di produzione differenti che costringevano il prodotto a deviare dal flusso imposto dalla manovia per visitare stazioni a valle da cui poi tornavano indietro. Tutto questo causava sia una confusione dei flussi di prodotto in quanto diventava difficile organizzare il lavoro sia un accumulo di carrelli nella manovia in attesa di essere scaricati.

4.1-Il nuovo Layout dalla manovia alla isola di lavoro

La configurazione precedentemente adottata per il reparto finissaggio era quella della linea di lavoro. Questa configurazione è caratterizzata sostanzialmente da percorsi obbligati in quanto le fasi del processo produttivo devono avvenire secondo una sequenza prefissata per la realizzazione del tipo di prodotto desiderato. Ciascuna fase del processo produttivo viene realizzata da una macchina o operatore, all'uscita della quale il prodotto in corso di lavorazione trova prossimo l'operatore che deve realizzare la successiva fase di produzione.

Uno dei vantaggi principali della linea manuale è la specializzazione del lavoro. Assegnando ad ogni lavoratore un minimo set di compiti da fare in maniera ripetitiva, l'operatore diventa uno specialista in quei compiti e capace di eseguirli più rapidamente e più abilmente. Questo modo di operare però fa incorrere a diversi problemi tra cui:

- Mancanza di alimentazione in una stazione dove l'operatore ha finito il suo lavoro ma deve attendere che gli giunga la parte dalla stazione precedente
- Blocco della stazione in cui l'operatore ha completato il proprio lavoro ma deve attendere che l'operatore successivo completi il proprio affinché la parte gli possa essere passata.

Da questi problemi ne risulta che il flusso del lavoro su una linea non meccanica non è di solito ben distribuito. Il tempo ciclo è variabile e ciò contribuisce alle irregolarità complessive della linea. Per attenuare le irregolarità vengono usate spesso aree per lo stoccaggio di carrelli pieni di paia, che fungono da magazzini buffer.

Naturalmente questa configurazione è efficiente se la sequenza delle operazioni previste per i diversi lotti sia il quanto più possibile standardizzata o, addirittura, unica. Questo non è quello che accade con questo tipo di produzione che ha una elevatissima gamma di modelli e quindi accade di dover inserire, all'interno di un medesimo layout in linea, differenti produzioni con sequenze non coincidenti, che costringono il ricorso a carrelli esterni che movimentino i lotti da una postazione all'altra della manovia, aumentando a dismisura il tempo di attraversamento. La precedente configurazione, inoltre, non permetteva spazi sufficienti per lo stock di materiali che sono necessari alle lavorazioni costringendo l'operatore a muoversi in aree distanti per reperire il materiale che gli occorreva.

Il reparto di finissaggio non solo accoglieva i prodotti che provenivano dalla stessa linea di montaggio ma vi convergevano anche prodotti che provenivano da un altro reparto di montaggio ovvero il GoodYear. Da qui i prodotti arrivavano mediante carrelli che sostavano a ridosso della manovia. Con questa configurazione, oltre allo spazio che diventava sempre più limitato per gli operatori che si vedevano costretti in manovia e circondati dai carrelli, era anche difficile per chi gestiva il flusso e l'avanzamento dei prodotti capire a che punto della lavorazione si trovasse un determinato ordine o come organizzare meglio il lavoro per evitare l'accumulo di eccessivo WIP.

Si è deciso quindi di modificare la configurazione del reparto di finissaggio da una configurazione in linea in una organizzata per isole di lavoro dove ogni isola si differisce dall'altra per tipo di lavorazione svolta al suo interno. Ogni isola è in grado di accogliere tutte le famiglie di prodotti sia in arrivo dal Blake che dal GoodYear e ogni tipo di prodotto viene diretto su una determinata isola attraverso carrelli secondo la tipologia di lavorazione che deve subire.

Questa nuova disposizione combina l'efficienza della disposizione per flusso e la flessibilità di quella per processo. Il layout cellulare fa sì che ogni isola, dal punto di vista della schedulazione, possa essere considerata indipendente, semplificando fortemente il processo di schedulazione stesso. Si riducono i tempi di trasporto e di permanenza delle singole parti nel sistema rispetto alla manovia.

Ogni isola ha una configurazione ad U, questa configurazione permette di effettuare un certo numero di operazioni percorrendo il minor spazio possibile e offre la possibilità di effettuare operazioni in ordine diverso da quello prefissato dal ciclo di lavorazione, nel senso che l'operatore può svolgere mansioni, secondo uno schema diverso da quello della normale circolazione del pezzo fra le macchine, fissato dalla disposizione delle stesse all'interno della cella.

4.2-I limiti della Lean e la simulazione come supporto alla produzione snella

La Lean e la simulazione hanno lo stesso obiettivo di supportare le aziende per ottenere risultati migliori e possono essere combinate per scopi di valutazione e semplificazione nella presa delle decisioni.

Alcuni limiti dell'approccio lean in relazione ai nuovi cambiamenti nelle richieste del mercato sono identificati in:

1. la forte deviazione della domanda del mercato rispetto all'utilizzo della capacità produttiva;
2. Il Lean è stato progettato principalmente per la produzione di massa, non per la personalizzazione di massa;
3. Il Lean non tiene conto delle nuove capacità che l'IT moderno offre.

Inoltre, l'approccio di prova ed errore inerente al Lean (o miglioramento Kata) per migliorare continuamente i processi richiede un'elevata quantità di tempo per raggiungere lo stato di miglioramento richiesto, che non soddisfa i requisiti futuri per cicli di vita del prodotto più brevi e quindi i necessari e rapidi cambiamenti nelle linee di produzione. Inoltre, le future caratteristiche produttive legate alla complessità, di avere capacità di produzione di innovazione e flessibilità possono essere facilmente affrontate con tecniche di simulazione e ottimizzazione. Questo non è il caso di strumenti snelli come i VSM che hanno dei limiti per gestire le variazioni e il comportamento stocastico di sistemi complessi. Tuttavia, quando si costruiscono questi modelli di simulazione, i principi Lean devono ancora essere presi in considerazione, per cui la combinazione di questi strumenti di entrambi saranno cruciali per il futuro.

Le tecniche di simulazione e ottimizzazione possono supportare la progettazione e i miglioramenti dei sistemi di produzione più rapidi ed efficaci, fornendo ai decisori politici scenari alternativi migliori.

Anche se oggi lo sviluppo di modelli di simulazione richiede tempo, una volta costruita una versione iniziale del modello, per apportare modifiche richiede relativamente poco tempo, e riduce definitivamente il tempo necessario per costruire nuovi sistemi e progetti migliorati rispetto all'uso di strumenti snelli come il VSM o miglioramenti continui attraverso il miglioramento Kata o approcci di problem solving Kata

4.3-La simulazione nell'industria

La simulazione è una rappresentazione semplificata del funzionamento del mondo reale nel tempo. La simulazione di eventi discreti (DES) è la tecnica di simulazione più diffusa per supportare i decisori nella progettazione e nel miglioramento dei sistemi di produzione.

Secondo uno studio sull'industria 4.0, le tre caratteristiche produttive più rilevanti in futuro saranno la complessità del sistema, la capacità di innovazione e la flessibilità. Sei diversi principi di progettazione potrebbero derivare dalle caratteristiche di cui sopra: interoperabilità, virtualizzazione, decentralizzazione, capacità in tempo reale, orientamento ai servizi e modularità. La virtualizzazione si riferisce alla copia virtuale degli oggetti fisici. Nello stesso contesto, la fabbrica virtuale come definita è il "modello di simulazione integrata dei principali sottosistemi in una fabbrica che considera la fabbrica nel suo insieme e fornisce una capacità avanzata di supporto alle decisioni. Il DES è considerato come una delle tecnologie chiave per creare questa fabbrica virtuale. La fabbrica virtuale è stata anche chiamata gemellaggio digitale, copia virtuale o copia digitale, ed è il prossimo paradigma di modellazione, simulazione e ottimizzazione. Questo nuovo paradigma includerà l'uso esteso della simulazione e non di solo nelle fasi di progettazione e pianificazione, ma in tutto il ciclo di vita del prodotto.

Il DES è utile per acquisire una conoscenza approfondita di un sistema per migliorare le sue prestazioni. Il software DES modella una sequenza distinta di cambiamenti di stato che avvengono nel tempo. In parole povere, qualsiasi sistema che coinvolge un flusso di processo in cui gli eventi cambiano in sequenze temporali può essere simulato, ad esempio un prodotto che scorre attraverso un sistema di produzione. In un sistema di produzione, il modello tiene conto degli elementi di lavoro, delle risorse e delle attività utilizzate nella lavorazione degli elementi di lavoro, delle loro interazioni e dei vincoli. Gli oggetti del modello (elementi di lavoro, risorse, attività, ecc.) sono configurati (utilizzando parametri di input come i tempi di interarrivo degli elementi di lavoro, gli instradamenti degli elementi di lavoro e i tempi di elaborazione delle attività) nel DES per simulare i seguenti aspetti il sistema reale. L'esecuzione del modello DES stabilisce importanti dettagli che possono essere altrimenti nascosti nel sistema reale. In Inoltre, gli esperimenti possono essere eseguiti con il modello, piuttosto che con il sistema attuale eliminando la necessità di costo. Questi e altri vantaggi della modellazione DES ne hanno incoraggiato l'uso nella modellazione lean related miglioramenti.

4.4 Caso di studio

Come anticipato nei capitoli precedenti in Santoni è stato proposto un modello di simulazione per analizzare il comportamento del nuovo reparto di finissaggio e sono state eseguite alcune azioni sul modello per valutare delle proposte di miglioramento. Il programma che verrà utilizzato per la costruzione e la simulazione del modello è Plant Simulation, un'applicazione informatica sviluppata da Siemens PLM Software per modellare, simulare, analizzare, visualizzare e ottimizzare i sistemi e i processi produttivi, il flusso dei materiali e le operazioni logistiche. L'applicazione permette di confrontare alternative produttive complesse, tra cui la logica di processo immanente, attraverso simulazioni al computer.

4.4.1 L'ambiente da simulare

La zona circoscritta per la realizzazione del modello è appunto la nuova area del reparto finissaggio. Qui' è stata individuata empiricamente la zona che maggiormente comprometteva lo scorrere regolare del prodotto attraverso le stazioni. Questa comprende le prime isole del reparto finissaggio dove entrano due famiglie di prodotto distinte, quelli GY e quelli provenienti dal BL. In questa zona si registrano maggiormente dislivelli nel flusso produttivo, con alternanza di momenti con accumulo di prodotto e momenti di scarico delle stazioni. La presenza di questa situazione è da imputare soprattutto alla variabilità del tempo con cui arrivano le diverse famiglie dovuti a cicli di lavorazione differenti che determinano differenti tempi di ciclo.

Questa particolare condizione ha portato a circoscrivere l'ambiente di simulazione a questa zona, con l'obiettivo di individuare le postazioni più critiche e valutare possibili azioni di miglioramento.

4.5 Generalità sui modelli di simulazione

Per simulare il comportamento di un sistema `e necessario costruire un modello di simulazione. Il modello dovrà essere sufficientemente complesso da rispondere alle esigenze dal caso, ma deve comunque rimanere il più semplice possibile. Devono inoltre essere chiari i limiti di utilizzo del modello stesso.

Gli elementi che costituiscono un modello di simulazione sono:

- Variabili di stato: Innanzitutto ricordiamo che un sistema `e descritto in ogni istante di tempo da un insieme di variabili che prendono nome di variabili di stato. Quindi, ad esempio, in riferimento ad un sistema a coda, `e una variabile di stato il numero degli utenti

presenti nel sistema in un certo istante di tempo. Ricordiamo, inoltre, che esistono sistemi discreti in cui le variabili cambiano istantaneamente in corrispondenza di precisi istanti di tempo che sono finiti oppure appartenenti ad un insieme numerabile e sistemi continui in cui le variabili variano con continuità rispetto al tempo. Si osservi fin d'ora che la scelta di un modello continuo o discreto da utilizzare non è necessariamente obbligata dalla tipologia del sistema; si può infatti decidere, ad esempio, di costruire un modello discreto per un sistema continuo, a seconda dello studio che si vuole effettuare.

- **Eventi:** Si definisce evento un qualsiasi accadimento istantaneo che fa cambiare il valore di almeno una delle variabili di stato. L'arrivo di un utente ad un sistema a coda è un evento, così come il completamento di un servizio. Esistono eventi esterni al sistema (eventi esogeni) ed eventi interni (eventi endogeni). Ad esempio, l'inizio del servizio ad un utente che è in coda in un sistema a coda è un evento endogeno, perché interno al sistema; l'arrivo di un utente ad un sistema a coda è un evento esogeno
- **Entità e attributi:** Le entità sono singoli elementi del sistema che devono essere definiti. Nel nostro caso una entità è il prodotto che scorre all'interno del sistema. Le entità possono essere caratterizzate da attributi che forniscono un valore di un dato assegnato all'entità stessa. Ad esempio un attributo può essere una specifica componente o il suo tempo di lavorazione. Le entità possono essere raggruppate in classi che sono insiemi di entità dello stesso tipo, ovvero si possono raggruppare le entità in base ad attributi.
- **Risorse** Le risorse sono elementi del sistema che forniscono un servizio alle entità. Un'entità può richiedere una o più risorse e se questa non è disponibile l'entità dovrà mettersi in coda in attesa che si renda disponibile, oppure intraprendere un'altra azione. Se invece la risorsa è disponibile, essa viene bloccata dall'entità, trattenuta per il tempo necessario e poi rilasciata. Un esempio di risorsa potrebbe essere data da un operaio che sovrintende il funzionamento di una macchina che non può funzionare senza l'operaio stesso; quando è richiesto l'utilizzo di questa macchina, se la risorsa "operaio" è disponibile allora l'esecuzione del lavoro è effettuata altrimenti si attende che la risorsa torni ad essere disponibile. L'operaio verrà "trattenuto" per la durata dell'esecuzione del lavoro e poi "rilasciato".
- **Attività e ritardi:** Un'attività è un'operazione la cui durata è nota a priori all'inizio dell'esecuzione dell'attività stessa. Tale durata può essere una costante, un valore aleatorio generato da una distribuzione di probabilità, oppure data in input o calcolata in base ad altri eventi che accadono nel sistema. Un esempio è dato dal tempo di servizio in un sistema a coda. Un ritardo è un periodo di tempo di durata indefinita che è determinata dalle

condizioni stesse del sistema. Il tempo che un'entità trascorre presso una coda prima che si liberi una risorsa della quale necessita è un ritardo.

4.5.1 Individuazione di entità, risorse e variabili

Per prima cosa bisogna definire quelle che sono le entità, le risorse e le variabili del nostro modello

Nel nostro caso le variabili di stato del modello sono costituite dal numero di prodotti che entrano nel sistema nella unità di tempo. I prodotti rappresentano le entità del modello, il tipo di entità che verranno utilizzate sono in tutto sei una per ogni famiglia di prodotto individuata: G1, G2, G3, B1, B2, B3. Queste differiscono tra loro solo per il ciclo di lavorazione e per il loro tempo ciclo complessivo, mentre riguardo tempi necessari alla loro lavorazione sulla singola stazione, questi sono pressochè gli stessi e per questo motivo viene utilizzato un unico tempo standard per ogni lavorazione.

Di seguito viene presentata una tabella che raccoglie le informazioni sulle famiglie e sulle postazioni che attraversano per subire la lavorazione.

	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5	PFG	PC1	PC2	PIT	PCU
B1
B3
G1
G3
B2							.	.		.
G2						

Queste sono quindi le entità del nostro modello di simulazione.

Le risorse che erogano il servizio richiesto sono gli operatori, nel nostro modello gli operatori hanno tutti una efficienza del 100% e differiscono tra loro per i job (lavori) che sono in grado di svolgere.

In fine le variabili di stato del modello sono il numero di entità che sono presenti nel modello in una certa unità di tempo, noi considereremo il wip complessivo alla fine del periodo di simulazione e i picchi massimi che raggiunge per unità di tempo.

4.6 Il funzionamento del sistema

Le entità, ovvero i prodotti, attraversano il sistema in base al ciclo descritto dalle frecce che simulano i percorsi definiti dal ciclo di produzione. Queste poi subiscono le lavorazioni su determinati tipi di oggetti chiamati Work Station, questi oggetti simulano le postazioni del reparto produttivo, sono le work station infatti gli oggetti che, una volta entrato il prodotto nel sistema, manderanno una richiesta al Broker il quale fornirà secondo la disponibilità il lavoratore alla stazione, infatti il broker è un oggetto che nel modello ha la funzione di gestire i rapporti tra chi richiede il servizio e chi lo eroga. Quindi l'operatore eseguirà il servizio richiesto dalla prima stazione che lo richiede.

Una volta terminato il processo le entità verranno depositate in dei buffer dove vi rimarranno fino a quando, nel caso della gomma, termina il tempo tecnico richiesto, mentre per i buffer che non ha impostati tempi tecnici, i prodotti vi rimarranno fino a quando la stazione a valle non è pronta a ricevere il prodotto.

I prodotti seguono cicli differenti a seconda del tipo, le biforcazioni vengono gestite dall'oggetto flow control che a seconda del tipo di entità decide dove questa deve essere spedita. Infine le entità una volta percorso e subito tutte le lavorazioni del sistema vengono espulse dal modello mediante un oggetto, il drain, che si occupa dello smaltimento delle entità dal processo.

L'orario di lavoro viene gestito dall'oggetto shift calendar in cui si inserisce l'orario di lavoro, le relative pause e i giorni di lavoro, in seguito questo oggetto viene richiamato da tutti gli oggetti che saranno operativi solo durante l'orario prestabilito. I buffer sono gli unici oggetti che in questo modello non seguono lo shift calendar e sono operativi 24 ore su 24

Nel dettaglio il modello è diviso in 3 zone la isola 1, Isola 2, e Isola 3. L'isola 1 è la zona dove avviene l'applicazione della piantina in gomma alla suola della scarpa. Questa comprende 6 postazioni che sono chiamate PG1, PG2, PG3, PG4, PG5 e PFG. L'isola 2 invece è l'isola dove avvengono le lavorazioni per le scarpe con il fondo in cuoio e comprende la postazione PC1, PC2 e PIT. L'isola 3 e l'isola dove le scarpe con il fondo in gomma e quelle con il fondo in cuoio tornano a subire la stessa lavorazione e comprende due postazioni che eseguono la medesima operazione che sono la PCU e la PCU1.

Nel modello sono presenti due oggetti Source che si occupano dell'arrivo dei prodotti nel sistema. Un Source chiamato arrivo G si occupa degli arrivi delle scarpe del tipo GY da qui i tipi di prodotto vengono separati dal flow control che spedisce i G2 sull'isola 2 e i G1 e i G3 sulla isola 1. La stessa

cosa accade dopo che il Source 2 che chiameremo arrivi B genera i prodotti B1, B3 e B2 che vengono inviati rispettivamente, i primi due sull'isola 1 e il terzo sull'isola2.

All'interno della isola 1 appena dopo l'uscita del prodotto dalla stazione PG5 è presente un flowcontrol che separa i prodotti G1 e B1, inviandoli al buffer BG6, dai prodotti G3 e B3, che vengono inviati al BMP. Ciò è dovuto al diverso tempo tecnico che le due famiglie di prodotto devono subire.

Sull'isola 2 invece ,diversamente dalle entità G2, le B2 non subiscono la lavorazione nella stazione PIT, quindi un flow control separa il flusso inviando le B2 direttamente al buffer BCU.

Nel Buffer BCU si riuniscono tutte le famiglie che dovranno subire l'ultima lavorazione sulla PCU. Qui essendoci due stazioni che richiedono lo stesso tipo di lavorazione un altro flow control gestisce il flusso inviando il prodotto alla prima stazione libera.

Terminata la lavorazione sull'ultima postazione tutte le entità vengono inviate al drain che le elimina dal processo.

4.7 Le informazioni richieste

Le informazioni necessarie al funzionamento del modello sono prima di tutto il tempo di interarrivo tra un prodotto ed il successivo che deve essere inserito nel source per generare il prodotto. Da questo oggetto viene richiesto di inserire in input con che distribuzione deve essere gestito l'intervallo di tempo tra l'arrivo di un prodotto e il successivo. Una volta definita la distribuzione di probabilità, bisogna immettere il tempo o il parametro su verrà costruita la distribuzione degli arrivi dal programma.

Successivamente, poiché nel nostro caso il source deve generare prodotti di famiglie diverse, a questo dovrà essere inserita la modalità di selezione della entità, generalmente si seleziona la modalità casuale. Selezionata la modalità bisognerà inserire in una tabella le frequenze di selezione delle diverse famiglie ed il numero di parti generate una volta selezionata la famiglia.

Una volta programmato il source si passa alla programmazione dei buffer che richiedono in input la quantità massima che possono contenere, il tempo che una entità deve attendere prima di essere liberata e la logica di gestione delle code (FIFO,LIFO).

Gli oggetti che definiscono le stazioni di lavoro richiedono in ingresso, come il source, il tipo di distribuzione che descrive la lavorazione del prodotto e successivamente i parametri che la formalizzano. Inoltre dovrà essere indicato il tipo di job che richiedono per svolgere la lavorazione.

Per quanto riguarda l'operatore, questo è rappresentato dal worker a cui dovranno essere indicati i Job che può compiere.

4.7.1-Acquisizione dati

La raccolta delle informazioni è uno dei compiti più difficili quando si costruisce un modello DES poiché di solito, non tutti i dati richiesti sono disponibili nelle aziende ed è un compito arduo raccogliarli e analizzarli.

Riguardo ai dati per i tempi di interarrivo dei prodotti nel sistema, questi sono stati ricavati da serie storiche degli avanzamenti del reparto. Dalle quantità si è arrivati ai tempi di avanzamento medio del prodotto nel reparto e la frequenza di avanzamento della singola famiglia. Della distribuzione utilizzata ne parleremo successivamente nel prossimo capitolo.

I tempi di servizio invece sono stati ricavati dopo una lunga attività di raccolta tempi in reparto, ma anche questo processo verrà approfondito nel capitolo che segue.

Con l'ausilio del capo reparto ci si è ricostruiti una matrice delle attività che descrive il numero di lavoratori nel sistema ed i Job che sono in grado di svolgere

Postazioni	Jobs	WORKER							
		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
PG1	JOBG1	X	X						
PG2	JOBG2	X	X		X		X		
PG3	JOBG3	X	X		X		X		
PG4	JOBG4	X	X		X		X		
PG5	JOBG5			X					
PFG	JOBFG			X			X		
PC1	JOBC1				X	X			
PC2	JOBC2					X		X	
PIT	JOBIT						X		
PCU; PCU1	JOBCU							X	X

Tabella2- (Matrice delle attività)

Si contano 8 lavoratori per 10 operazioni differenti su 11 postazioni.

BUFFERS	TEMPO TECNICO
BG1	
BG2	X
BG3	X
BG4	X
BG5	X
BG6	X
BMP	X
BFG	
BC1	
BC2	
BIT	
BCU	

Tabella3

I tempi tecnici hanno lo stesso valore all'interno del BG2, BG3 e BG4, invece differiscono nel BG5, BG6 e BMP.

4.7.2-I Tempi e Metodi

I tempi sono stati rilevati col metodo della rilevazione cronometrica per ogni operazione e trascritti su una tavoletta di cronometraccio. Questo sistema è il più valido per la determinazione di tempi ripetitivi e non ha limiti di natura tecnica, inoltre permette mediante un significativo numero di rilievi, di determinare il tempo medio rappresentativo necessario per eseguire una determinata attività produttiva, ad un determinato standard di efficienza.

Esso consiste nell'analisi dell'operazione, suddivisione in fasi elementari, rilevazione dei tempi, elaborazione dei tempi, somma dei tempi.

Il cronometro digitale utilizzato è in scala sessagesimale, e ha consentito di registrare contemporaneamente letture parziali, progressive e totali:

- L'analista avvia il cronometro all'inizio del rilievo del mezzo paio, e lo ferma al riposizionamento del paio completo.
- Le letture dei singoli tempi avvengono "al volo" sulla "lancetta" che continua a muoversi, quindi le letture successive forniscono direttamente i tempi dei singoli elementi senza bisogno di ulteriori conteggi.

Ad ogni rilevazione quindi corrispondeva la fase associata, il cartellino, l'operatore, il modello e la famiglia di prodotto. Il tempo speso dal pezzo nella postazione teoricamente è:

$$T_o = T_{el} + T_{mp} + T_{mu}$$

T_{el} = tempo di effettiva lavorazione

T_{mp} = tempo per le operazioni di manipolazione del pezzo

T_{mu} = tempo di manipolazione degli utensili/attrezzature

Sommato al tempo di setup dà il tempo del pezzo sull'i-esima postazione

Tuttavia la durata dell'operazione necessaria per compiere un determinato pezzo varia da operaio ad operaio. La ragione di queste differenze può essere imputata a molte cause, dipendenti dalla persona o da fattori oggettivi, proprie dei mezzi di produzione, dell'organizzazione o dei materiali usati.

Prescindendo da quest'ultimo gruppo, sappiamo che ciascun operaio compie il proprio lavoro attraverso una serie di movimenti che sono continuamente condizionati dalle sue possibilità fisiche e mentali. La stessa avversione che l'operaio prova istintivamente per il cronometraggio fa sì che egli durante la rilevazione dei tempi alteri il proprio rendimento in maniera più o meno sensibile, dando luogo ad una variazione nella durata dell'operazione.

D'altro canto, di fronte a questa realtà di tempi diversi per uno stesso lavoro, esiste la necessità di determinare un unico tempo col quale commisurare l'abilità dei vari operai. Di qui la necessità di ridurre i tempi rilevati per ciascuna operazione al tempo a "rendimento normale", mediante l'introduzione di un fattore di rendimento che necessariamente varia da operaio ad operaio.

Attraverso numerose esperienze il Bedaux ha determinato che il rendimento normale corrisponde ai tre quarti del rendimento massimo, e con questa valutazione quantitativa si sono costruite le scale dei rendimenti comunemente accettate da tutti coloro che applicano i sistemi soggettivi di studio dei tempi di lavorazione. La scala dei rendimenti globalmente più usata è quella che pone il rendimento normale uguale a 75 e il rendimento medio massimo uguale a 100.

Definito il tempo rappresentativo per ogni elemento dell'operazione, per giungere al tempo standard (riferito al ciclo standard del pezzo composito), da assegnare al paio, è stato maggiorato il tempo di opportune percentuali proporzionate agli sforzi che l'operaio è chiamato a sostenere durante il compito (13%). Generalmente si assegna un coefficiente di riposo, composta dalla maggiorazione per bisogni fisiologici e per la fatica. Le maggiorazioni concesse per fatica devono essere tali che il lavoratore possa eseguire il compito assegnatogli senza che il suo fisico ne risenta in maniera dannosa. L'effetto pratico di queste maggiorazioni è quello di permettere all'operaio di inserire, durante il lavoro, delle pause tali per cui egli possa mantenere un livello di rendimento pressoché

costante nel corso della giornata. Il riposo concesso è un riposo di “tipo industriale” capace cioè di ripristinare parte delle energie spese dall’operaio nell’adempimento del suo compito, ma non tale da eliminare completamente gli effetti della fatica.

A seconda dell’esperienza dell’analista è stata presa nota dei tempi persi, dei tempi di setup e dei tempi non registrabili nelle fasi elementari, cercando di dominare i pulsanti del cronometro in questi casi.

Una volta raccolti i tempi sono stati caricati in una tabella excel dove sono stati calcolati media e deviazione standard per ogni operazione.

4.7.3-Ipotesi del modello

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi semplificative:

- I buffer hanno capacità illimitata così da poter più facilmente analizzare la quantità di accumulo di prodotto su ogni singola postazione.
- Le distanze e i tempi di percorrenza tra le postazioni hanno una bassa influenza e quindi sono state trascurate
- Su ogni postazione può operare un solo lavoratore alla volta
- Gli operatori lavorano con una efficienza massima
- Non è contemplata una % di fallimento sulla produzione di una parte.
- Le lavorazioni hanno tutte la stessa priorità

4.7.4-Scelta della distribuzione

Nel costruire un modello di simulazione è necessario l’introduzione di eventi di tipo probabilistico, questi eventi sono descritti da una certa distribuzione di probabilità, risulta importante quindi scegliere la giusta distribuzione che meglio rappresenta la realtà.

Le distribuzioni principalmente usate sono:

- la distribuzione Gamma e di Weibull utilizzate per modellare tempi di interarrivo e tempi di servizio
- la distribuzione esponenziale, che è un caso particolare della distribuzione gamma e di Weibull, utilizzata spesso quando i tempi sono completamente casuali.
- La distribuzione normale utilizzata per descrivere i tempi di servizio quando i valori sono maggiormente costanti con qualche fluttuazione di tipo casuale.

- Distribuzione uniforme, utilizzata quando i tempi di interarrivo sono casuali ma non si hanno informazioni sulla distribuzione
- La distribuzione triangolare, si usa quando si possono fare assunzioni sui valori minimi e massimi e sui valori modali
- La distribuzione di Bernoulli utilizzata per descrivere fenomeni interessanti nella simulazione
- La distribuzione di Poisson utilizzata per descrivere fenomeni aleatori.

Essendo il primo approccio alla simulazione, ed avendo un campione di dati relativamente piccolo poiché ci si basa su una serie storica di un mese, si è deciso di adottare per il modello una distribuzione triangolare essendo questa quella che permette meglio di gestire gli eventi che si manifestano nel modello.

Perciò dagli avanzamenti si sono ricavati la media, il limite inferiore ed il limite superiore inseriti nel source per generare le entità.

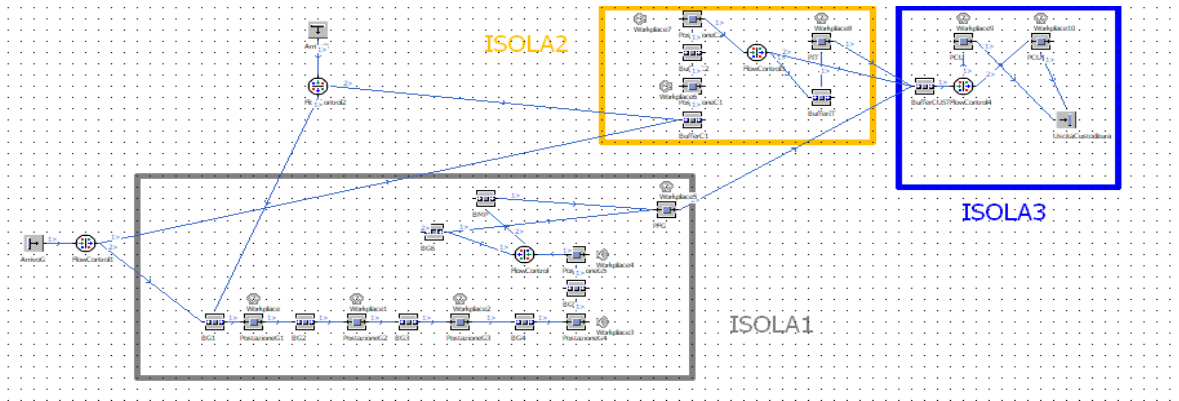
Per quanto riguarda la frequenza di selezione del singolo tipo di prodotto questa è, 41; 51 e 2 per cento per quanto riguardano G1, G2 e G3, mentre 63; 11 e 26 per cento riguardo B2, B1 e B3.

Per quanto riguarda i tempi di servizio poiché in queste fasi i tempi dei Job non variano di molto in base al tipo di prodotto utilizzato e questi si avvicinano ad un valore costante, si è optato di descriverli mediante una distribuzione normale, per questo motivo dalla attività di tempi e metodi si sono ottenute medie, deviazioni standard e limiti inferiori e superiori che sono stati successivamente aggiunti nel modello.

4.8-Run e risultati del modello

Nell'immagine seguente viene visualizzato il modello di simulazione utilizzato per il test.

La simulazione descrive gli eventi per la durata di 30 giorni



Di seguito saranno elencati i risultati ottenuti relativo al tempo di servizio dell'operatore, numero di wip medio all'interno dei buffer durante il periodo di simulazione, tempi di attesa delle entità all'interno dei buffer, ingressi complessivi e uscite complessive.

MODELL ODI PARTENZ	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIP	WIPBCU	WORKI	WORKI	WORKING	WORKIN	WORKI	WORKI	WORKI	
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	C1	C2	IT	MP		NGW1	NGW2	W3	GW4	NGW5	NGW6	NGW7	NGW8
A	46	2	2	3	1	23	0	0	0	0	25	78.48%	72.80%	48.73%	46.48%	38.92%	67.55%	97.44%	98.63%

Nella tabella sono mostrati i wip relativi ai buffer ed il carico di lavoro di ogni singolo operatore, da questo risultato saltano all'occhio il BG1 il BG6 ed il BCU per quanto riguarda il wip, mentre il worker 7 ed il worker 8 per l'elevato carico di lavoro. Complessivamente il carico non è ben bilanciato.

INGRESSO	USCITA	WIP TOT
599	492	107

In relazione ai risultati il rapporto tra prodotto in uscita e prodotto in entrata è pari all'82% indicando una elevata quantità di wip alla fine dell'intervallo di tempo simulato.

Class	Working	Waiting
	G1	1.27%
G2	7.46%	66.14%
B3	2.25%	92.19%
B1	1.57%	95.09%
B2	6.44%	69.96%
G3	2.25%	95.14%

I prodotti, in questo caso, evidenziano una elevata % di tempo passata in attesa nei buffer rispetto alla porzione di tempo lavorata.

4.8.1-Azioni migliorative

Per decidere su quale postazione agire si sono considerati i valori di:

- % carico di lavoro operatori dedicati alla postazione;
- %attesa del servizio da parte della postazione quando è piena;
- % di tempo in cui la postazione è vuota.

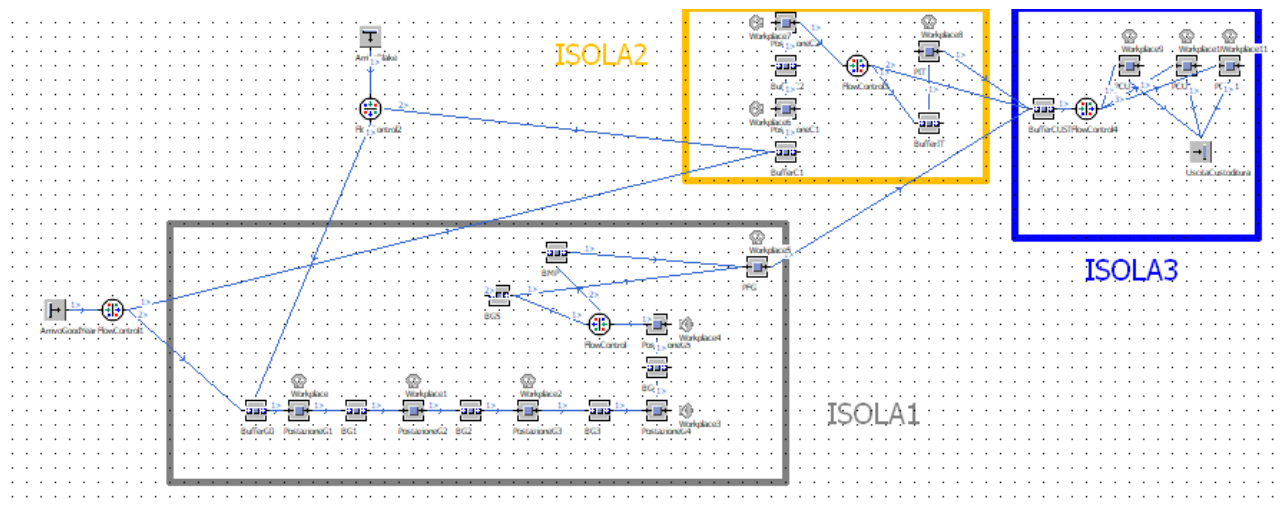
Le postazioni PCU e PCU1 hanno una bassa % di tempo in cui sono vuote e non attendono tempo affinché l'operatore svolga il servizio, questo indica che gli operatori W7 e W8 che sono dedicati esclusivamente a queste due stazioni, sono sovraccarico. Per questo motivo si è deciso di agire partendo dalla stazione più a valle aggiungendo una stazione aggiuntiva per svolgere l'operazione PCU. A questa stazione è stato dedicato l'operatore più scarico, il W5. Dopo aver apportato queste modifiche è stato fatto partire di nuovo il programma.

	%ATTESA SERVIZIO	%TEMPO ST.VUOTA
PG1	0,84	0,93
PG2	1,15	49,82
PG3	0,72	37,28
PG4	0,78	48,78
PG5	3,31	55,09
PFG	1,1	55,91
PC1	0,56	63,66
PC2	1,14	61,56
PIT	3,58	54,44
PCU	0	4,42
PCU1	0	2.64%

Jobs	WORKER							
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
JOBG1	X	X						
JOBG2	X	X		X		X		
JOBG3	X	X		X		X		
JOBG4	X	X		X		X		
JOBG5			X					
JOBFG			X			X		
JOBC1				X	X			
JOBC2					X		X	
JOBIT						X		
JOBCU					X		X	X

4.8.1.1- Azione migliorativa 1

Il modello modificato aggiungendo una postazione all'isola 3 è il seguente.



Con questa nuova configurazione è stato sbloccato il collo di bottiglia presente all'isola 3 aumentando il prodotto finale in uscita e riducendo il wip complessivo, inoltre il carico di lavoro risulta maggiormente distribuito tra gli operatori.

MODELLO DI PARTENZA	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIPB	WIP	WIPBCU	WORKI	WORKIN	WORKING	WORKIN	WORKI	WORKI	WORKI	WORKI
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	C1	C2	IT	MP		NGW1	GW2	W3	GW4	NGW5	NGW6	NGW7	NGW8
A	46	2	2	3	1	23	0	0	0	0	25	78.48%	72.80%	48.73%	46.48%	38.92%	67.55%	97.44%	98.63%
AZIONE 1	46	2	2	3	1	28	0	2	0	0	0	77.41%	77.13%	43.85%	57.49%	86.50%	64.68%	62.82%	78.26%

Agendo con la stessa logica è stata potenziata la prima stazione della gomma e sono state modificate le mansioni degli operatori con l'obiettivo di bilanciare il carico di lavoro aumentando il

più possibile il throughput e dovendo formare il minor numero di operatori possibili a nuove mansioni.

INGRESSO	USCITA	WIP TOT
599	492	107
599	510	89

Il rapporto uscita/ingresso è cresciuto fino al 85%.

	Working	Waiting
G1	1.32%	95.42%
G2	13.75%	25.22%
B3	12.74%	20.39%
B1	2.41%	93.92%
B2	1.45%	95.81%
G3	2.32%	94.08%

Come previsto questa azione ha aumentato la % di lavoro soprattutto per le scarpe che attraversano la isola 2.

	% ATTESA SERVIZIO	%TEMPO ST.VUOT
PG1	0,75	0,93
PG2	1,12	49,91
PG3	0,83	36,85
PG4	0,71	49,07
PG5	3,19	55,6
PFG	1,34	56,11
PC1	3,5	51,75
PC2	9,97	26,04
PIT	3,46	55,24
PCU	0,68	28,8
PCU1	0,24	19,53
PCU2	1,26	43,23

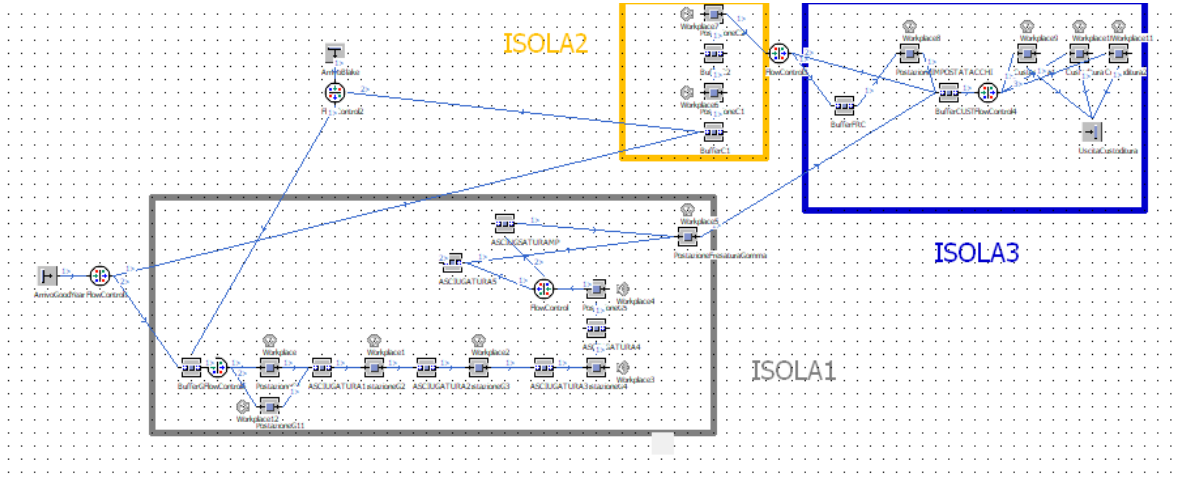
Ora dato che la postazione PFG risulta avere un tempo di attesa di servizio molto basso ed una % di tempo in cui è vuota molto elevata fa presagire che la quantità di prodotto che si accumula nel buffer a monte dipende dai tempi tecnici piuttosto che dalla incapacità di soddisfare le richieste di produzione. Quindi la logica ci farebbe sbloccare la postazione G1 per sbloccare la produzione da quel collo di bottiglia. Dai risultati del modello risulta però un aumento significativo della % di attesa del servizio della postazione PC2, quindi questo risultato ci porta alla necessità di potenziare prima le stazioni dell'isola 2 in quanto uno sblocco della produzione della gomma con questa configurazione potrebbe portare via troppe risorse dall'isola 2 spostando così la coda.

Quindi prima di tutto, sulla base dei carichi di lavoro, al worker 3 è stata assegnato il JobC2, al worker 7 è stato assegnato il JobC1 e successivamente è stata sdoppiata la stazione PG1 assegnandola al worker 8.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
JOBG1	X	X						X
JOBG2	X	X		X		X		
JOBG3	X	X		X		X		
JOBG4	X	X		X		X		
JOBG5			X					
JOBFG			X			X		
JOBC1				X	X		X	
JOBC2			X		X		X	
JOBIT						X		
JOBCU					X		X	X

4.8.1.2- Azione di miglioramento 2

Il modello seguente rappresenta le ultime modifiche apportate



I risultati che derivano da questa nuova modifica sono riportati nella tabella che segue:

	WIP BG1	WIP BG2	WIP BG3	WIP BG4	WIP BG5	WIP BG6	WIPBC 1	WIPBC 2	WIPBIT	WIP BGM P	WIP BCU	WORKI NGW1	WORKI NGW2	WORKI NGW3	WORKI NGW4	WORKI NGW5	WORKI NGW6	WORKI NGW7	WORKI NGW8
MODELLO DI PARTENZA	46	2	2	3	1	23	0	0	0	0	25	78.48%	72.80%	48.73%	46.48%	38.92%	67.55%	97.44%	98.63%
AZIONE 1	46	2	2	3	1	28	0	2	0	0	0	77.41%	77.13%	43.85%	57.49%	86.50%	64.68%	62.82%	78.26%
AZIONE 2	0	2	1	3	1	34	0	0	2	0	0	82.46%	83.61%	91.47%	93.37%	84.11%	91.56%	80.84%	87.18%

I risultati mostrano una situazione più bilanciata dove l'unico accumulo di prodotto si presenta a causa dei tempi tecnici, il carico di lavoro è più uniformemente distribuito e l'output complessivo aumenta significativamente aumentando il rapporto fino al 91%

INGRESSO	USCITA	WIP TOT
599	492	107
599	510	89
599	550	49

il rapporto tra uscita e ingresso dall'82 al 91 %

4.8.1.3-Caso 0 tempi tecnici

Infine è stato proposto un caso con zero tempi tecnici per verificare se le risorse necessarie possono smaltire tutto il prodotto. E i risultati sono i seguenti:

MODELLO DI PARTENZA	WIP	WIP BG2	WIP BG3	WIP BG4	WIP BG5	WIP BG6	WIPBC1	WIPBC2	WIPBIT	WIPBGMP	WIPBCU	WORKING W1	WORKING W2	WORKI NGW3	WORKI NGW4	WORKI NGW5	WORKI NGW6	WORKI NGW7	WORKI NGW8
	BG1																		
PARTENZA	46	2	2	3	1	23	0	0	0	0	25	78.48%	72.80%	48.73%	46.48%	38.92%	67.55%	97.44%	98.63%
AZIONE 1	46	2	2	3	1	28	0	2	0	0	0	77.41%	77.13%	43.85%	57.49%	86.50%	64.68%	62.82%	78.26%
AZIONE 2	0	2	1	3	1	34	0	0	2	0	0	82.46%	83.61%	91.47%	93.37%	84.11%	91.56%	80.84%	87.18%
ASCIUGATURA 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.17%	95.22%	89.75%	95.71%	99.09%	98.41%	92.38%	95.78%

Si evince che con tempi tecnici pari a 0 il sistema riuscirebbe a soddisfare tutte le richieste di servizio ottenendo una situazione di stabilità con 7 prodotti come wip alla fine del periodo.

INGRESSO	USCITA	WIP TOT
599	492	107
599	510	89
599	550	49
599	592	7

Il rapporto tra uscita e ingresso sale al 98%.

Nella tabella infine sono evidenziati i tempi di lavoro e di attesa dei tipi di entità e si nota un progressivo miglioramento riguardo la riduzione dei tempi di attesa nei buffer.

	B1 WORK	B2WORK	B3 WORK	G1 WORK	G2 WORK	G3 WORK	B1 STORE	B2 STORE	B3 STORE	G1 STORE	G2 STORE	G3 STORE
PARTENZA	2.14%	6.77%	2.78%	1.82%	7.76%	3.39%	95.23%	68.44%	90.14%	94.52%	65.01%	92.67%
AZIONE 2	2.72%	14.92%	5.99%	2.49%	14.69%	6.32%	82.08%	20.74%	74.62%	90.22%	26.21%	75.17%
TEMPO TECNICO 0	11.97%	10.94%	14.03%	11.20%	10.55%	13.22%	43.23%	51.46%	34.86%	40.12%	34.51%	7.75%

Il modello è stato simulato anche per un periodo di 180 giorni per simulare il comportamento durante una intera stagione ed i risultati risultano stabili.

4.8.2-Prova con la distribuzione di Poisson

Durante la validazione del modello mettendo in corrispondenza ciò che è stato simulato con ciò che accade nella realtà. Si è deciso di provare un'altra distribuzione di probabilità per trattare gli intertempi di arrivo dei prodotti nel reparto.

Si è deciso di considerare gli intertempi di arrivo come variabili aleatorie che girano attorno ad un valore medio e quindi vedere come si comporta il modello e che azioni correttive possono far fronte ad una distribuzione degli arrivi di questo tipo.

Per descrivere un evento di questo tipo si è deciso di utilizzare una distribuzione di Poisson che la letteratura suggerisce la più ideale per descrivere la probabilità che un certo numero di eventi si verificano successivamente e indipendentemente in un dato intervallo di tempo, sapendo che mediamente se ne verificano λ .

Il parametro lambda da utilizzare come input della simulazione è stato calcolato per mezzo di una funzione integrata del programma di Plant Simulation utilizzando inserendo le informazioni fornite dagli avanzamenti.

Eseguendo il primo run la simulazione ci mostra, ovviamente, una situazione totalmente differente rispetto al caso precedente per quanto riguarda il numero di input e il rapporto tra ingresso e uscita che risulta minore rispetto al caso precedente. Questo è dovuto al tipo di distribuzione che fornisce un diverso numero di prodotti all'interno del sistema in periodi che si avvicinano sempre più al valore medio in maniera indipendente tra un ingresso e il successivo.

Si è dunque proceduto come nel caso precedente con il miglioramento del modello. Come situazione iniziale il modello presenta gli stessi colli di bottiglia del caso precedente e il decisore è sempre portato a ad aggiungere una stazione a valle andando a potenziare la isola 3, quindi anche qui viene aggiunta una stazione PCU2 a cui viene però assegnato questa volta il lavoratore Worker 3 che risulta quello più scarico.

Una volta implementata questa azione il modello mostra una situazione in cui il carico di lavoro degli operatori dedicati nelle postazioni dell'isola 1 è quasi carico quindi il decisore è portato ad agire caricando maggiormente i worker delle stazioni indipendenti dall'isola 1 in modo da allentare il carico complessivo prima di sdoppiare la stazione BG1 al fine di liberare il collo di bottiglia.

Una volta potenziata la stazione PG1 il risultato risulta:

Postazioni		WORKER							
		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
PG1	JOBG1	X	X						
PG2	JOBG2	X	X		X		X		
PG3	JOBG3	X	X		X		X		
PG4	JOBG4	X	X		X		X		
PG5	JOBG5			X					
PFG	JOBFG			X			X		
PC1	JOBC1				X	X			
PC2	JOBC2					X			
PIT	JOBIT					X	X		
PCU,PCU1,PCU2	JOBCU			X				X	X

Con questa configurazione si sono ottenuti i seguenti risultati:

	WIP BG1	WIP BG2	WIP BG3	WIP BG4	WIP BG5	WIP BG6	WIPBC 1	WIPBC 2	WIPBIT	WIPBG MP	WIPBCU	WORKI NGW1	WORKI NGW2	WORKI NGW3	WORKI NGW4	WORKI NGW5	WORKI NGW6	WORKI NGW7	WORKI NGW8	INGRESSO	USCITA	WIP TOT
MODELLO DI PARTENZA	89	1	2	2	1	24	0	0	0	2	89	86,33	80,9	60,76	73,6	62,82	74,64	98,72	98,53	719	502	217
SITUAZIONE FINALE	8	6	36	3	22	35	1	1	0	1	0	98,14	97,77	97,9	94,78	92,13	95,21	92,92	92,07	719	596	123

Rimangono livelli abbastanza elevati di wip, ed il personale è quasi completamente saturo. La isola 1 è quella che accumula tutto il wip e gli operatori dedicati a questa isola sono quelli più carichi.

Con questa configurazione il livello di rapporto tra uscita e ingresso risulta dell'82%.

A questo Punto quello che il decisore è portato a pensare è di aggiungere un nuovo lavoratore per smaltire il wip che si origina nell' isola 1. Prevedendo un accumulo anche nell'ultima stazione liberando le stazioni a monte e stato aggiunto un nuovo lavoratore a cui sono stati assegnati i Job G1, G3 e CU sulla base dei tempi di attese dei servizi e i risultati sono i seguenti:

	WORKER								w9
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	
JOBG1	X	X							X
JOBG2	X	X		X		X			
JOBG3	X	X		X		X			X
JOBG4	X	X		X		X			
JOBG5			X						
JOBFG			X			X			
JOBC1				X	X				
JOBC2					X				
JOBIT					X	X			
JOBCU			X				X	X	X

	WIP BG1	WIP BG2	WIP BG3	WIP BG4	WIP BG5	WIP BG6	WIPBC 1	WIPBC 2	WIPBIT	WIPBG MP	WIPBCU	WORKI NGW1	WORKI NGW2	WORKI NGW3	WORKI NGW4	WORKI NGW5	WORKI NGW6	WORKI NGW7	WORKI NGW8	WORKI NGW9	INGRESSO	USCITA	WIP TOT
OPERATORE AGGIUNTO	0	2	3	3	1	65	0	2	0	2	0	97,1	95,95	94,48	91,96	93,15	90,27	86,15	88,1	96,68	719	628	91

Questa soluzione per questo modello risulta quella in grado di lavorare più prodotto e quella più stabile con meno picchi nel tempo inoltre una configurazione di questo genere risulta in grado di smaltire il prodotto anche in caso di tempi asciugatura ridotti fino a 0 ottenendo un rapporto uscita/ingresso del 94 % in una situazione stabile nel lungo periodo. (anche in questo caso successivamente ad un run di 30 giorni ne è stato fatto uno su un periodo più lungo)

4.9.1-Considerazioni sui risultati del modello

A questo punto sorge spontaneo il dubbio su quale sia il modello che offre la soluzione più corretta da implementare e su cui continuare a proporre azioni di miglioramento, quello che segue una distribuzione di eventi triangolare, o quello che segue una distribuzione di eventi indipendenti come la Poisson. A questo punto essendo il primo approccio con l'utilizzo di sistemi di questo genere e non avendo a pieno l'esperienza necessaria per valutare su base esclusivamente teorica la correttezza di una distribuzione piuttosto che un'altra. Si è scelto il modello corretto da seguire aggiungendo alla teoria l'esperienza vissuta in reparto. Infatti dalla esperienza in reparto l'accumulo di prodotto risulta particolarmente dipendente dalla periodicità dei prodotti della isola uno che dovendo rispettare tempi tecnici non arrivano con continuità nei reparti a valle causando accumuli periodici di code. Questa situazione risulta essere più evidente con la distribuzione triangolare rispetto a quella di Poisson. Infatti nel caso della triangolare dopo la prima azione, il decisore capisce che la capacità delle stazioni a valle risulta particolarmente influenzata dalla presenza di questi tempi tecnici e dai diversi tempi di ciclo. Con il modello Poisson invece questa situazione è più mascherata dagli accumuli eccessivi nella isola 1 che portano il decisore per diverse azioni ad agire cercando di liberare quei buffer perdendo però efficienza nelle isole a valle.

Questo unito al fatto che la Poisson è valida per gestire eventi stocastici per cui si conosce la frequenza media di accadimento, ma che questa non è la situazione ideale per descrivere i reparti analizzati, per cui esiste una variabilità che dipende dal tipo di operazione sul tipo di prodotto svolta, al di là della casualità di variazione dei tempi.

5-Conclusioni

Sui risultati ottenuti dal modello ottenuto con l'utilizzo di una distribuzione triangolare si sono valutati anche il beneficio di intraprendere le azioni proposte in relazione ai costi. Tenendo conto del costo di formazione degli operatori, del costo richiesto per l'aggiunta di due nuove postazioni, il guadagno ottenuto dal valore della produzione avanzata risulta maggiore dei costi.

Il modello è ovviamente migliorabile rendendolo sempre più affidabile rappresentativo della realtà. In questa tesi è stato mostrato un diverso approccio alla presa di decisioni con l'utilizzo di un modello di simulazione. Lo sforzo iniziale nella costruzione del modello è compensato dalla facilità di apportare modifiche e valutarne gli effetti prima di realizzare una azione che comporta costi per la realizzazione.

Prima di tutto l'utilizzo di questo approccio in futuro richiede uno studio più approfondito delle distribuzioni dei tempi per ottenere situazioni che si avvicinano maggiormente alla realtà. Imparare ad utilizzare meglio il programma e l'utilizzo di altri oggetti e funzioni permetterebbe sicuramente di rappresentare meglio il sistema e rendere più facile la ricerca della soluzione ottima da intraprendere.

Questo è il primo passo per l'integrazione di questa metodologia all'interno della azienda che può sicuramente essere sviluppata passando da modelli di simulazione stand-alone al gemello digitale per il supporto decisionale, in modo che i decisori avranno a disposizione tutte le opzioni di valutazione per prendere le migliori decisioni. Questi obiettivi futuri perseguiranno la creazione di una solida infrastruttura di simulazione per aiutare i decisori a tutti i livelli dell'organizzazione al fine di offrire una visione chiara dello stato di un sistema, valutare di miglioramento e opzioni di progettazione e avere una visione in tempo reale delle modifiche apportate a qualsiasi livello dell'azienda. Le tecniche di simulazione- ottimizzazione insieme alle tecniche lean sono uno strumento importante per poter valutare le diverse possibilità di decisione per migliorare il sistema produttivo e ridurre il wip.

L'utilizzo di questo sistema è un valido aiuto a costo zero permettendo di valutare gli effetti delle decisioni intraprese su un modello prima di implementarli nella realtà.

BIBLIOGRAFIA

- Galgano, A., *I sette strumenti della qualità totale*, Il sole 24 ore Libri, Milano, 1992.
- Ishikawa, K., *Guida al controllo della qualità*, Franco Angeli editore, Milano, 1976.
- S.Farioli, C.Bellini, " *L'industria 4.0 e le nuove frontiere del Lean* ", McKinsey&Company, 2017
- P. Staudacher, A. Pozzetti, *Progettazione degli impianti industriali*, Hoepli, Milano, 2003
- Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization Taho Yanga, Yiyo Kuob,*, Chao-Ton Suc, Chia-Lin Houa Taho 2014
- Supporting the lean journey with simulation and optimization in the context o industri 4.0 Ainhoa G. Uriarte, Amos H.C.Ng, Matias Urenda Moris 2018
- Manufacturing system lean improvement design using discrete event
- Simulation Oleghe Omogbaia, Konstantinos Salonitisa*2016
- ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE SELECTED COMPANY AND PROPOSAL A POSSIBLE MODEL OPTIMIZATION THROUGH PLM SOFTWARE MODULE TECNOMATIX PLANT SIMULATION Marek Klimenta, Radko Popovičb, Jozef Janekc 2014