



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria
della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Lean & Industria 4.0: Un supporto alle decisioni strategiche mediante KPI e
Dashboard Real-time per il monitoraggio delle performance**

Candidato: Manuel Ditaranto

Relatore: Prof. Franco Lombardi

Co-relatore: Dott.ssa Giulia Bruno

Data: 07/03/2022

Lean & Industria 4.0: Un supporto alle decisioni strategiche mediante KPI e Dashboard Real-time per il monitoraggio delle performance.

ABSTRACT

Il rapido cambiamento del mercato globale, l'alta variabilità della domanda e l'aumento dei livelli di qualità al costo più basso possibile, richiedono alle aziende produttrici di tutto il mondo di concentrarsi su processi di produzione per renderli sempre più efficienti, rimanere profittevoli e sopravvivere in un mercato immensamente competitivo.

Le nuove tecnologie di produzione e la capacità di estrarre dati dai processi in tempo reale unite all'organizzazione dei processi secondo i principi della Lean Manufacturing o Toyota production system stanno permettendo alle aziende di andare incontro alle necessità del mercato, riducendo il time to market e massimizzando la qualità dei prodotti al minimo costo.

Per stare al passo con la dinamicità del mercato è fondamentale una visione in tempo reale delle performance dei reparti produttivi e dell'impresa per supportare decisioni sempre più efficaci nel minor tempo possibile. La tecnologia dei sistemi informativi come MES e ERP unita alle tecnologie dell'Industria 4.0 forniscono un supporto vitale al processo decisionale. La grande quantità di dati, che può essere raccolta ed analizzata dai vari sistemi informativi, è un ottimo supporto per sviluppare delle metriche di valutazione delle performance (KPI) che - scelti opportunamente ed in concomitanza ad una gestione Lean - gettano le basi per una crescita sostenibile a lungo termine.

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di descrivere le metodologie della Lean Manufacturing adottate nelle industrie di processo, nonché l'impatto che i sistemi informativi e le tecnologie dell'Industry 4.0 hanno avuto su di essa. Inoltre, il lavoro di tesi è rivolto alla ricerca delle metriche (KPI) più utilizzate per valutare le performance dei sistemi Lean, ed offrire una base per la creazione di una dashboard real-time per la visualizzazione dei KPI basati su dati raccolti dai vari sistemi informativi aziendali.

Sommario

Lean & Industria 4.0: Un supporto alle decisioni strategiche mediante KPI e Dashboard Real-time per il monitoraggio delle performance.....	1
CAPITOLO 1 - Lean Manufacturing.....	7
1.1 Origine ed evoluzione.....	7
1.2 I PRINCIPI DELLA LEAN PRODUCTION.....	9
1.3 Gli sprechi nella Lean Production.....	9
1.4 I CINQUE PRINCIPI DEL LEAN THINKING.....	14
1.5 Gli strumenti e le tecniche della Lean.....	17
VSM - Value Stream Mapping.....	21
1.6 LEAN MANAGEMENT.....	26
1.7 Lean Six Sigma.....	29
CAPITOLO 2 LA DIGITALIZZAZIONE DELLA LEAN, I SISTEMI INFORMATIVI E LE INNOVAZIONI DELL'INDUSTY 4.0.....	30
2.1 L'IMPORTANZA DEL DATO.....	30
2.2 MONITORAGGIO E SUPPORTO A SCELTE DECISIONALI.....	31
2.3 DATA DRIVEN.....	32
2.4 SISTEMI PER GESTIRE I DATI (ERP).....	33
2.5 SISTEMI INFORMATIVI DI GESTIONE DELLA PRODUZIONE: DALL MES AL PLM.....	36
I SISTEMI MES.....	36
RUOLO DEL MES.....	38
OBIETTIVI FONDAMENTALI DI UN SISTEMA MES.....	39
VANTAGGI DEL MES.....	40
I SISTEMI PLM.....	41
2.5 INDUSTRIA 4.0.....	42
PUNTI INDUSTRIA 4.0.....	42
COMPONENTI INDUSTRIA 4.0.....	44
2.6 INDUSTY 4.0 INCOTRA LA LEAN.....	45
Integrazioni della Lean e l'Industry 4.0.....	46
La Value Stream Map dinamica.....	47
E-Kanban.....	48

Smart Jidoka	49
Just-In-Time 4.0	50
Manutenzione Produttiva Totale 4.0	51
Applicazioni reali	52
Conclusioni	53
CAPITOLO 3 – KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) PER LA GESTIONE DELLA LEAN PRODUCTION.....	54
3.1 Le metriche Lean.....	55
3.2 I criteri di misurazione delle performance	56
3.3 Analisi dei KPI più frequenti nell'applicazione della Lean.....	58
CAPITOLO 4: SISTEMI DI VISUALIZZAZIONE DELLE PERFORMANCE IN REAL TIME: DEFINIRE I PASSI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI UNA DASHBOARD PER IL MANAGEMENT LEAN	66
4.1 Visual Management.....	66
4.2 La struttura piramidale delle informazioni	67
4.3 Definizione dell'infrastruttura Software e Hardware	68
4.4 Il controllo delle prestazioni tramite il Framework Lean-Six-Sigma(LSS)	70
4.5 I software BI per la Visualizzazione dei dati.....	72
4.6 La metodologia di sviluppo delle Dashboard	76
4.7 Valutazioni e considerazioni.....	87
CONCLUSIONI	89
APPENDICE.....	93
BIBLIOGRAFIA.....	94

INTRODUZIONE

Il miglioramento continuo è un concetto spesso utilizzato nelle aziende per ottimizzare la produzione, riducendo i costi e migliorando l'efficienza dei sistemi produttivi. Una delle metodologie più diffusa nel settore della produzione è la Lean Manufacturing, considerata come la migliore per ottimizzare la produzione, ridurre i costi e gli sprechi nei sistemi di produzione. Il successo di questa metodologia, ormai largamente comprovato, ha fatto sì che gli strumenti della Lean production entrassero a far parte nelle organizzazioni di moltissime aziende in svariati settori, non solo nei processi manifatturieri. Oggi giorno i principi della Lean vengono applicati al Management, al problem solving ed alle start-up.

Una forte spinta all'utilizzo di tecnologie e metodologie per migliorare i processi produttivi proviene dal mercato, sempre più globale e con una tendenza sempre maggiore a richiedere prodotti sempre più diversificati e di elevata qualità. Questa sfida viene affrontata dalle aziende cercando di strutturare i processi produttivi, in modo che possano essere flessibili e possano rispondere in maniera rapida ad i cambiamenti del mercato. Le tecnologie ed i sistemi informativi vengono a sostegno delle aziende per fronteggiare questa enorme sfida e restare competitivi sul mercato. I sistemi informativi attuali permettono la gestione integrata di tutte le risorse di una azienda, riuscendo a gestire tutto il ciclo di vita di un prodotto con una grande quantità di dati a disposizione.

Proprio i dati e la loro disponibilità sono alla base della quarta rivoluzione industriale: l'Industry 4.0 e le tecnologie IoT sviluppate per connettere qualsiasi macchina alla rete e rilevare tramite sensori dati che prima di oggi erano molto difficili da ottenere. Questa grande disponibilità di dati permette alle aziende di migliorare velocemente i processi ed analizzare in real-time le prestazioni aziendali cercando il continuo miglioramento e prendendo decisioni in maniera rapida ed efficaci.

La grande quantità di dati raccolta dai sistemi informativi e dalle tecnologie IoT unite ad i metodi di miglioramento e gli strumenti della Lean sono il motore dell'ottimizzazione di molte aziende. La selezione dei dati e la visualizzazione in maniera efficace è un obiettivo strategico che porta ad eccellere sul mercato; la fruizione di questi dati in real-time a supporto delle decisioni è oggetto di grande interesse per i player internazionali del mercato.

Molte delle decisioni strategiche vengono prese sulla base degli indici di prestazione (KPI) i quali vengono usati per monitorare le performance di un processo, le varie aree aziendali e lo stato di miglioramento dei processi sui quali si applicano gli strumenti ed i metodi della Lean Manufacturing.

La tesi si propone di analizzare i temi proposti analizzando l'integrazione della Lean Manufacturing con l'Industry 4.0, i sistemi informativi di gestione della produzione e quali sono le metriche di valutazione della performance più utilizzati nella Lean. Il tutto finalizzato a proporre una dashboard di KPI per il management Lean che integra tutti i concetti analizzati.

Nel primo capitolo si introduce il concetto della Lean Manufacturing, le sue origini, gli strumenti e le caratteristiche di management che hanno portato la Lean ad essere utilizzata in tutto il mondo. Il secondo capitolo offre un inquadramento dello stato attuale dei sistemi informativi e delle tecnologie Industry 4.0 e gli sviluppi che si sono ottenuti nell'utilizzo combinato Lean e Industry 4.0. Nel terzo capitolo viene proposta una revisione degli articoli scientifici al fine di delineare quali sono le metriche più utilizzate per valutare le performance di un sistema Lean.

Nel capitolo conclusivo vengono analizzate e proposte soluzioni per la fruizione dei dati in Real time, proponendo l'implementazione di una Dashboard per il management Lean integrando i dati provenienti dai vari sistemi informativi.

CAPITOLO 1 - Lean Manufacturing

Il seguente capitolo è la prima parte di una revisione critica delle teorie rilevanti per costruire un'ampia base scientifica per raggiungere l'obiettivo della tesi. In questo capitolo viene introdotto il concetto di Lean dando una breve panoramica sulle le origini, l'evoluzione, gli elementi di base dell'approccio Lean, i principali strumenti ed il metodo di gestione.

1.1 Origine ed evoluzione

La Lean Manufacturing o Toyota production system nasce principalmente dagli sforzi dell'ingegnere capo della produzione della Toyota Taichi Ohno, in visita nelle fabbriche americane Ford negli anni 30, per studiare i sistemi di produzione a flusso continuo e migliorare la produttività e l'efficienza dello stabilimento di produzione di Nagoya, in Giappone.

Durante gli anni 40' la Toyota si trovava ad affrontare una grande competizione nel mercato automobilistico domestico ed internazionale, controllato da grandi aziende, le quali fondavano il loro successo sul modello Ford e di Taylor (produzione di massa ed organizzazione scientifica del lavoro). Grazie alle nozioni apprese durante il sopralluogo nella fabbrica Ford l'ingegnere della Toyota si accorse che il sistema Ford non poteva funzionare così com'era in Giappone ma che doveva essere adattato e migliorato secondo i principi della cultura giapponese.

Nasce così il Toyota production system, una metodologia implementata dall'azienda nipponica, fondata sui principi della cultura giapponese, sulla razionalità nell'affrontare i problemi, sulla cooperazione di tutte le aree e sulla continua ricerca e lotta agli sprechi.[1]

È stato Taiichi Ohno che, attraverso il suo genio e la sua continua spinta al miglioramento, sviluppò i principi del Lean. La grande maggioranza delle aziende giapponesi visti i risultati ottenuti dalla Toyota seguirono prontamente l'azienda applicando la sua metodologia di produzione. L'approccio Lean è stato inizialmente applicato alla produzione di motori d'auto negli anni '50, conseguentemente venne applicato all'assemblaggio di veicoli negli anni '60 ed in fine venne esteso all'intera catena di fornitura. Solo quando la Toyota distribuì le linee guida per i vari fornitori, allora i segreti della Lean vennero svelati e condivisi per la prima volta. (Hines, Holweg, & Rich, 2004).

Sebbene il concetto di Lean sia stato inventato a metà del secolo scorso e sia stato implementato con successo per decenni, ci è voluto fino alla fine degli anni '80 perché il mondo occidentale ne riconoscesse i risultati. John Krafcik ha coniato per la prima volta il termine "Lean" nel 1988 nel suo articolo "Triumph of the Lean Production System" ma, con il libro di Womack, Jones e Roos "La

macchina che ha cambiato il mondo”, nel 1990, il concetto di Lean ha ottenuto un'attenzione diffusa nel mondo occidentale. I tre autori hanno analizzato il modello di produzione della Toyota e le sue performance, paragonandole a quelle di altri attori globali all'interno dell'industria automobilistica. Le prestazioni della Toyota superarono la maggior parte dei suoi concorrenti, così molte delle aziende del panorama internazionale alzarono l'attenzione sulle metodologie Lean.

Il concetto di Lean si è evoluto negli anni, secondo Hines lo sviluppo dei concetti Lean in generale può essere rappresentato dividendolo in quattro fasi (Hines, Holweg, & Rich, 2004). La figura seguente illustra queste quattro fasi e dà un'idea di come il concetto di Lean si sia gradualmente espanso negli ultimi tre decenni (vedi Figura 1).

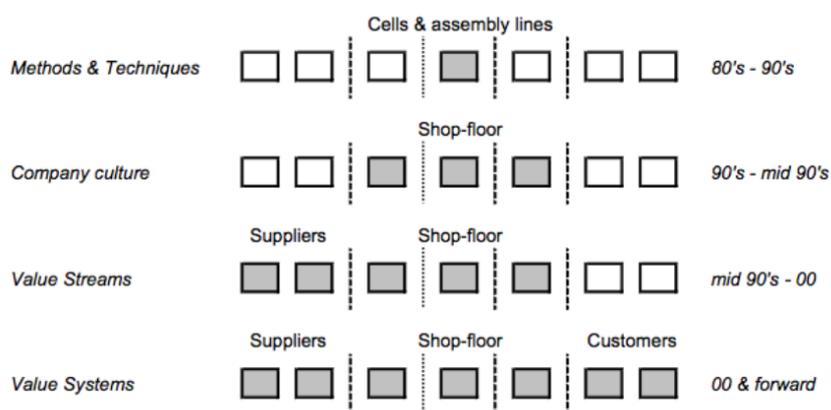


Figura 1: i quattro stage dell'evoluzione Lean (Belfrage & Hedberg, 2006)

Le aziende occidentali, si accorsero delle prestazioni superiori ottenute con la metodologia Lean, così concentrarono i loro sforzi nell'emulare le tecniche e gli strumenti ma, ne ottennero benefici molto ristretti perché trovavano resistenza nell'introduzione dei principi della lean nella cultura occidentale. Nel periodo fino al 1990 i produttori di automobili focalizzavano i loro sforzi nel fronteggiare la variabilità della domanda e principalmente utilizzavano gli strumenti della Lean tralasciando l'aspetto umano, fondamentale per raggiungere le migliori performance dell'approccio Lean.

Dagli inizi degli anni 90' c'è stato un crescente spostamento degli sforzi dai reparti di produzione all'implementazione e l'adozione dei principi Lean nell'organizzazione aziendale, incorporando i valori della Lean nella strategia aziendale. Alla fine degli anni '90 i confini del Lean erano ancora più estesi e l'applicazione comprendeva anche le attività dei fornitori.

Nel 1996 Womack e Jones pubblicarono il libro "Lean Thinking" portando alla luce di tutto il modo i risultati della Lean. I due autori hanno fatto sì che la produzione Lean diventasse conosciuta come

una filosofia che permette ai produttori di fare più prodotti, migliori con meno risorse: "fare di più con meno" .

1.2 I PRINCIPI DELLA LEAN PRODUCTION

I concetti di Lean sono stati definiti dalla casa automobilistica Toyota, così l'approccio Lean è stato inizialmente applicato in ambienti di produzione e manifatturieri, per questo motivo il primo punto di vista della Lean production riguarda la produzione ed il miglioramento di essa.

La produzione Lean è costruita intorno all'approccio della lavorazione a flusso continuo - un allontanamento dai sistemi di produzione tradizionali, in cui grandi lotti sono lavorati in modo graduale e vengono processati solo dopo che un intero lotto è stato lavorato completamente (Swank, 2003).

I 7 principi cardine che definiscono la LP nell'ambito della produzione manifatturiera sono:

- L'eliminazione degli sprechi" è il principio più fondamentale della LM, lo spreco è definito come tutto ciò che non aggiunge valore al prodotto finale prodotto finale (cfr. capitolo 2.2.2)
- "Zero difetti" è un principio proattivo che si concentra sulla prevenzione degli errori o difetti prima che si verificano, evitando così la rilavorazione ("fare le cose bene alla prima volta")
- "Pull invece che Push" intende creare un flusso continuo di prodotti semilavorati nello stabilimento di produzione stabilendo una struttura cliente-fornitore tra i vari step del processo
- "team multifunzionali" dovrebbero essere costituiti da impiegati cross-funzionali in modo che ogni membro abbia le competenze per eseguire la maggior parte di tutti i compiti nel sottoprocesso di produzione
- La "decentralizzazione" si riferisce alla responsabilità distribuita e condivisa, all'autorità, e potere decisionale dando la possibilità ai dipendenti di
- I "sistemi informativi verticali" trasferiscono le informazioni dall'officina al livello di middle management e top management per supportare il processo decisionale strategico
- Il "Continuous Improvement" (Jap. "Kaizen") è il secondo più importante principio di produzione Lean che si concentra su una costante e incessante ricerca per la perfezione attraverso miglioramenti incrementali.

1.3 Gli sprechi nella Lean Production

L'idea centrale della Lean production è la rimozione degli sprechi (waste) da tutti i processi dell'azienda. L'approccio Lean, infatti, ha come obiettivo principale quello di eliminare gli sprechi e permettere a tutte le risorse di dedicare interamente il loro tempo produttivo alle attività a valore aggiunto orientate all'obiettivo principale del processo.

Le attività di produzione possono essere classificate in tre gruppi: (Womack and Jones, 2003).:

- Attività che aggiungono valore trasformando direttamente il prodotto secondo le richieste del cliente
- Attività che non aggiungono valore al prodotto ma che sono necessarie per il corretto svolgimento del processo di produzione
- Attività che non aggiungono valore al prodotto

Tutte le attività che non aggiungono valore al prodotto, secondo le specifiche del cliente, possono essere considerate sprechi (waste); infatti vengono classificate tre macrocategorie di sprechi, che possono essere identificati in diversi livelli dell'organizzazione(figura 2)

I tre termini utilizzati in giapponese per definire le pratiche che producono sprechi sono Mura, Muda, Muri anche chiamati insieme le "3 M":

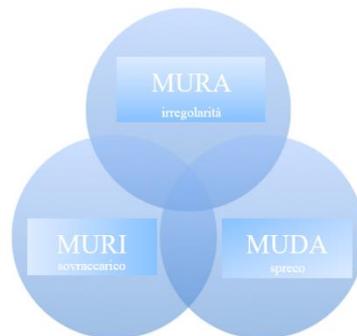


Figura 2: categorie di sprechi nel concetto Lean

MURA

Il termine Mura si riferisce alle irregolarità ed alle fluttuazioni nella produzione di solito causate da piani di produzione irregolari e variabili. Mura identifica tutte le aggiunte di costo dovute a perdite di qualità non previste, rilavorazione, resi, turni straordinari (Sawyer & Williams, 2012).

MURI

Muri significa sovraccarico e può essere visto come un sovraccarico di persone e attrezzature da richieste che superano la capacità (Womack J. , 2011). Potrebbe essere il risultato di variazioni nella produzione, scarsa progettazione del lavoro o ergonomia, scarsa adattabilità dei pezzi, strumenti o interfacce inadeguati e specifiche poco chiare. Da una prospettiva Lean Muri si applica alla progettazione del lavoro e dei compiti: per esempio compiti o attività che richiedono movimenti che sono dannosi per il dipendente.

MUDA

Il termine Muda che in giapponese significa spreco: vengono identificate tutte quelle attività che comportano l'utilizzo di risorse senza però creare valore per il consumatore finale. I Muda di tipo uno includono azioni che non hanno valore aggiunto, ma che non possono essere trascurate per qualche altra ragione. Mentre i Muda di tipo due comprendono tutte attività che non aggiungono valore e non sono necessarie. Queste sono le attività principali da eliminare nel processo (Sawyer & Williams, 2012).

La Lean Manufacturing richiede che ogni operazione che non apporta valore può essere associata ad una della seguente classificazione di spreco. Tutte le forme di spreco considerate nella LM sono legate tra di loro: La sovrapproduzione, richiede un uso di risorse e tempo in eccesso, questo conduce ad un aumento delle scorte ed al maggiore consumo di spazio, le grandi scorte che si creano rendono poi complicato risalire all'origine delle problematiche di produzione.

Taiichi Ohno aveva composto un elenco rispetto al TPS che includeva sette tipi di "sprechi mortali" (figura 3) che dovevano essere assolutamente eliminati. Jones e Womack li hanno riformulati cercando di definire operativamente i confini di ognuno di essi (Womack & Jones, 2003).

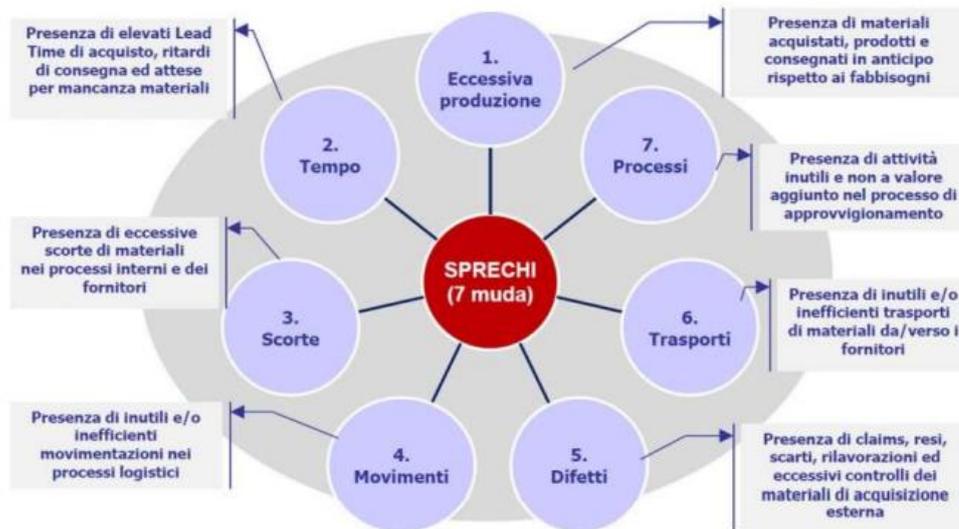


Figura 3 - schema riassuntivo degli sprechi e le loro conseguenze (www.openinnovation.net)

3.1 La sovrapproduzione

La sovrapproduzione è un fenomeno che si manifesta quando in un sistema di produzione si produce troppo o in anticipo, con inevitabile accumulo di giacenza e la generazione di scorte nelle stazioni intermedie del processo. Il segnale principale che si riscontra in presenza di sovrapproduzione è l'elevato valore di magazzino per i prodotti finiti e semilavorati. Alcune delle cause principali che generano la sovrapproduzione si identificano nei processi poco efficienti, una programmazione della produzione non livellata, ed uno errato uso dell'automazione.

3.2 I trasporti

Lo spreco associato al trasporto consiste nel movimento di componenti non necessario che non apporta valore al prodotto. Per essere realistici non tutte le movimentazioni possono essere eliminate, si necessiteranno solo le movimentazioni atte al corretto scorrere del materiale nel flusso di valore. Nei processi di produzione i più comuni sprechi collegati al trasporto si manifestano quando la merce viene movimentata tra la linea di produzione, quando si utilizzano magazzini differenti, e quando il flusso delle persone e del materiale non è ottimizzato. Lo spreco riguarda sia le movimentazioni interne alla supply chain sia quelle esterne come il trasporto verso fornitori o verso stabilimenti dislocati.

3.3 I processi a non-valore aggiunto

In inglese viene utilizzato il termine "Over processing" significa fare più step nel processo di quanto sia effettivamente necessario o fare lavorazioni che non sono necessarie. L' "Over processing" emerge da una cattiva attività di progettazione degli strumenti e prodotti o quando i processi sono progettati con alta complessità tali che il risultato è oltre le specifiche che il cliente è disposto a pagare.

3.4 Tempi di attesa

L'attesa come spreco può essere determinata da due prospettive: attesa in termini di lavoratori o macchine inattivi senza eseguire alcuna attività a valore aggiunto; il tempo di attesa dei prodotti che crea un inventario di semilavorati semi-lavorati (WIP) o inventario di prodotti finiti prima di essere spediti al cliente.

Un esempio di alcune attività con spreco di tempo sono: L'attesa dei materiali, l'attesa dei pezzi di ricambio, l'attesa del processo di ispezione della qualità, l'attesa del servizio di manutenzione, l'attesa dovuta a basse prestazioni o velocità della macchina, l'attesa dovuta a fermi macchina, riparazioni e manutenzione preventiva, l'attesa degli operatori per ottenere utensili o pezzi di ricambio.

3.5 Movimenti

Lo spreco come movimento comporta che il personale o le attrezzature dell'azienda si muovano più del necessario per eseguire i processi. I movimenti non necessari coinvolgono l'ergonomia della produzione e portano a una minore produttività e qualità del prodotto.

3.6 Difetti (Re work)

Questo tipo di spreco si riferisce alla produzione di un pezzo non conforme alle specifiche di progetto, richieste dal cliente, così da essere uno scarto. Nella metodologia lean viene ritenuto uno spreco un qualsiasi prodotto/semilavorato che necessiti di lavorazioni extra, rilavorazioni rispetto a quanto stabilito in fase di progetto. I difetti possono presentarsi non solo nel processo di produzione, ma possono essere visti anche in qualsiasi altro processo, come la manutenzione ad esempio.

3.7 Giacenze

Con giacenza si intende lo stock di prodotti finiti, semilavorati e di materie prime che si accumula nel sistema di produzione. I problemi di inventario sono fortemente influenzati dallo stile di produzione, ma le previsioni di vendita improprie e la cattiva pianificazione sono anche dei fattori che influenzano la crescita dello stock totale non necessario il quale genera capitale immobilizzato per l'azienda.

Altri autori hanno anche aggiunto un'ottava fonte di spreco chiamata "talento umano inutilizzato", definendo una pratica di gestione inappropriata che sottoutilizza la forza lavoro con compiti non allineati secondo il loro livello di qualificazione. Bicheno e Holweg hanno classificato tutti gli sprechi "vecchi" e "nuovi" in una lista omnicomprensiva che fornisce un quadro completo (cfr. (Bicheno & Holweg, The Lean Toolbox, 2009)).

Tutte e tre le categorie di sprechi non dovrebbero essere trattate solo individualmente, perché sono interconnesse e interdipendenti. Perciò dovrebbero essere considerate con una visione più ampia e integrata che le affronti unitamente alle altre.

1.4 I CINQUE PRINCIPI DEL LEAN THINKING

I principi della Lean production ed i metodi utilizzati derivano dal sistema di produzione Toyota e sono collegati all'ambito della produzione. Il Lean Thinking è una evoluzione dell'approccio Lean esteso al management dell'intera azienda per migliorarne le performance, efficienza e qualità di tutti i processi dell'azienda. Il Lean thinking persegue l'obiettivo di fare le cose meglio, più velocemente, a costi economici, generando uno spreco minimo in termini di materiali, tempo e rilavorazione (Atkinson, 2010).

Il Lean Thinking può essere inquadrato come una filosofia di management che mira ad aumentare il valore percepito dai clienti, aggiungendo caratteristiche al prodotto e eliminando gli sprechi che si nascondono in qualsiasi tipo di processo (Hines, Holweg, & Rich, 2004). I principi sono le fondamenta costituenti della Lean Production e trasformano le nozioni teoriche in azioni pratiche che possono essere adattate a diversi ambiti e settori.

L'applicazione del Lean Thinking, usando un approccio Top-down permette, partendo dal livello aziendale più alto, quello manageriale, di ristrutturare l'intera struttura aziendale trasformandola in una azienda Lean priva di sprechi in tutte le sue aree aziendali.

Un'impresa Lean si concentra sulla centralità del cliente, sul flusso continuo delle operazioni interne e sulla creazione di valore senza produrre sprechi (cfr. figura 4).

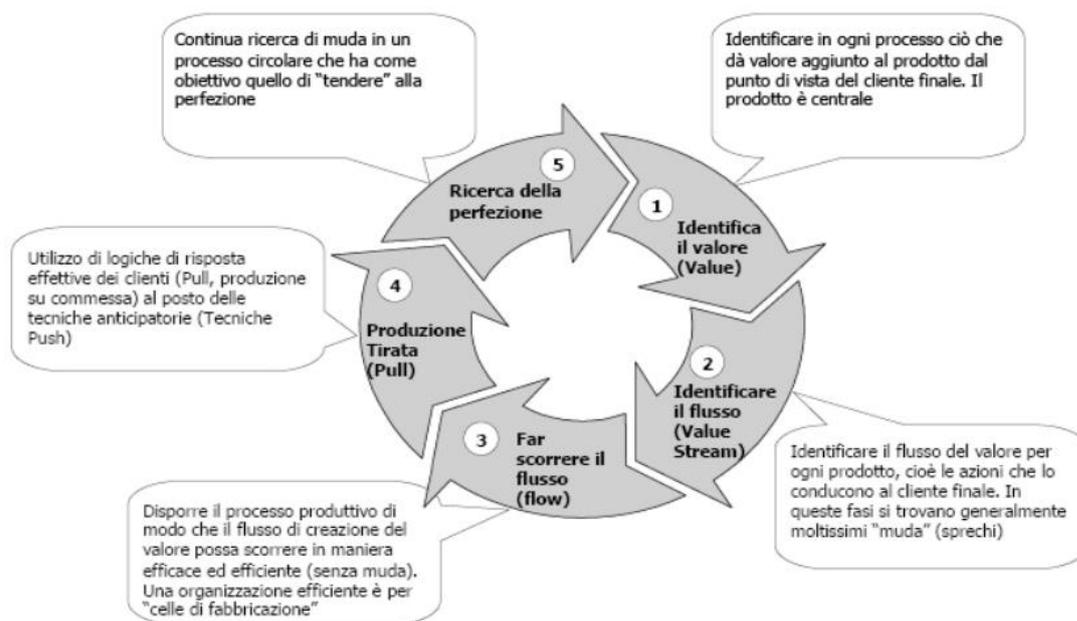


FIGURA 4. : I CINQUE PRINCIPI DEL LEAN THINKING

Al fine di stabilire una più generale comprensione del Lean thinking e da dove esso si è evoluto Womack e Jones offrono un quadro completo sui cinque principi guida per l'applicazione del pensiero Lean (basato su (Womack & Jones, 2003)):

1 Determinare il valore in base all'offerta del prodotto

Questo principio implica di definire il valore dal punto di vista del cliente finale, in termini di caratteristiche specifiche offerte ad un tempo e un prezzo specifico. Valore significa, in questo senso, ciò che il cliente percepisce come importante e per cui è disposto a pagare. Più specificamente, il cliente cerca: di soddisfare le proprie richieste (soluzione ad una esigenza), la minimizzazione dei costi e del tempo di produzione, la fornitura del prodotto, la consegna del valore nel luogo richiesto, il valore fornito quando viene richiesto (Barber & Tietje, 2008).

2 Identificare e mappare il flusso del valore.

L'intero flusso di valore deve essere definito per tutti i prodotti e famiglie di prodotti. Il flusso di valore consiste in tutte le azioni specifiche richieste per realizzare un prodotto, dalla prima ideazione al lancio sul mercato. Questo principio si occupa anche di cogliere ed eliminare gli sprechi lungo il flusso del valore. L'identificazione del flusso di valore fa emergere, quasi sempre, enormi quantità di sprechi sotto forma di processi ed attività non necessari e che non apportano valore al prodotto.

Per mappare il flusso di valore la metodologia Lean predilige strumenti visivi come la Value Stream Map la quale considera lo stato attuale del flusso e il possibile stato finale (Grewal, 2008), per ottenere una visione chiara dei tempi di tutte le attività e stabilire quanto del tempo dell'intero processo viene dedicato alle attività a valore aggiunto.

3 Creare il flusso

Uno degli obiettivi principali del Lean Thinking è quello di stabilire capacità che permettano il flusso continuo di materiale, informazioni e valore, eliminando le attese in tutte le fasi della catena di valore. Questo principio si traduce in un lavoro continuo su ogni progetto, ordine e specifiche di prodotto, in modo che non ci siano attese, tempi morti o sprechi all'interno o tra le fasi di creazione del valore. Questo spesso implica una progettazione attenta dell'intera catena di valore partendo dalla fase di design del prodotto/processo fino ad arrivare ad i flussi dai fornitori ed i clienti.

4 Sistema PULL

La metodologia di produzione PULL è il pilastro del quarto principio del Lean Thinking. Una volta implementati i primi tre principi la metodologia PULL è fondamentale per massimizzare i risultati. In termini semplici il principio implica che il passo iniziale per innescare la produzione di un prodotto non dovrebbe essere intrapreso senza l'autorizzazione del cliente (Sellitto, Borchardt, & Pereira, 2003). La produzione dell'intera catena di valore o di una singola stazione deve essere attivata dalla stazione a monte o addirittura della domanda del cliente.

5 LA RICERCA DELLA PERFEZIONE

Il cardine della LT è la costante ricerca della perfezione. Con l'implementazione dei primi quattro principi, le attività in un flusso di valore saranno più efficienti e con il minor numero di scarti. Il miglioramento continuo viene racchiuso nella metodologia Lean con il termine giapponese Kaizen: Kai, che indica il cambiamento e Zen, cioè la perfezione. Questa ideologia fa parte della cultura giapponese ed è stata perfettamente applicata dal pensiero Lean (Bhuiyan et al., 2005).

La metodologia Kaizen deve essere supportata da strumenti ingegneristici durante la pianificazione ed un alto grado di controllo durante il processo (come nel ciclo Deming). Il ciclo Kaizen percorre diversi step: si parte dalla standardizzazione delle attività e dei processi, si continua con una fase di misurazione (in termini di tempo e risorse impiegate), si valutano poi tutti i possibili scenari di

miglioramento e si finisce con l'apportare le innovazioni al processo quando esso è standardizzato. Questo ciclo viene ripetuto all'infinito per puntare all'efficienza massima.

1.5 Gli strumenti e le tecniche della Lean

L'implementazione della Lean Manufacturing deve essere strutturata e supportata da strumenti ingegneristici e di analisi che devono essere applicati in tutte le aree dell'azienda per ottenere il massimo risultato. Le aree in cui si agisce e sui cui vengono applicati sono: il flusso della produzione, la struttura aziendale, il controllo del processo, gli indicatori di performance e le metriche di valutazione dei miglioramenti e la logistica.

La metodologia Lean con i suoi strumenti:

- Esamina i sistemi informativi, coinvolgendo il sistema di comunicazione aziendale per un miglioramento continuo
- Ottimizza i processi intervenendo nei sistemi informativi aziendali
- Analizza l'intero processo dell'azienda per evidenziare criticità e sprechi
- Propone miglioramenti Kaizen continui e kaikaku. Il miglioramento Kaikaku è un'implementazione radicale che parte dal vertice aziendale e richiede ingenti investimenti, una revisione del sistema di produzione.

Gli strumenti e le metodologie ed i principi della Lean vengono racchiusi nella rappresentazione di una casa “The House of Lean” (la casa della Lean). Come è possibile vedere nella Figura 5, alla base della casa troviamo le fondamenta, quindi la standardizzazione e la stabilità del processo.

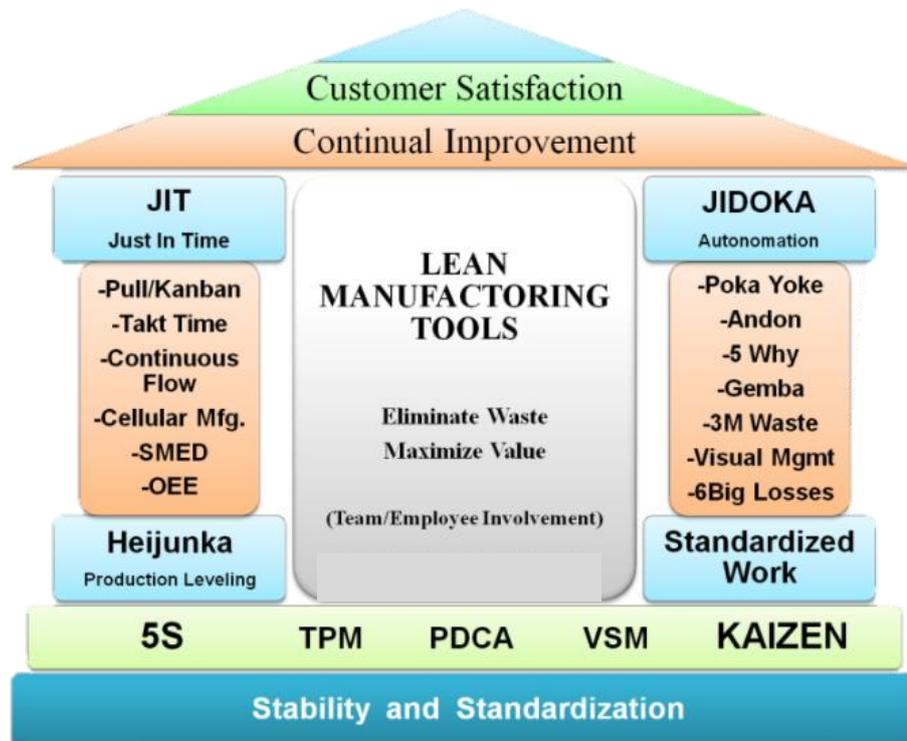


Figura 5: La casa della Lean

Una volta stabiliti processi stabili è possibile applicare gli strumenti che si elencano nei prossimi paragrafi per iniziare il processo di miglioramento continuo e riduzione degli sprechi. Le colonne portanti della Lean sono due :

- La metodologia Just-in-time (JIT)
- L'automazione (Jidoka)

Le due colonne sono composte di vari strumenti che concorrono al raggiungimento dell'applicazione delle due metodologie principali. Al centro della casa troviamo i principi della Lean i quali permettono di estendere la metodologia a tutta l'organizzazione coinvolgendo il capitale umano. Il tetto è composto dagli obiettivi: La soddisfazione del cliente, la creazione del valore per il cliente, la riduzione del lead time riducendo i costi e massimizzando la qualità.

Nei paragrafi seguenti vengono elencati ed analizzati gli strumenti e le metodologie principali della Lean Manufacturing.

JUST IN TIME(JIT)

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

Il JIT si compone di tre elementi:

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

Produzione PULL

Nei sistemi di produzione pull, il prodotto è fabbricato in risposta a una domanda specifica. L'ordine è usato per innescare l'azionamento della produzione dalla fine della linea di produzione (per esempio, dall'ultima stazione di lavoro). Se questa stazione di lavoro non può soddisfare l'ordine, richiede unità aggiuntive alla stazione di lavoro precedente. Questa azione continua con ogni stazione di lavoro seguente, che richiede unità dalla stazione di lavoro precedente. Quindi, il prodotto è “tirato” attraverso il sistema. Quando sono implementati correttamente, i sistemi di produzione pull comportano meno lavoro in lavorazione (WIP)

Flusso a pezzo singolo

La produzione secondo la Lean Production sostiene il flusso basato sul pezzo singolo. Per applicare questa metodologia bisogna trasformare la produzione, solitamente a lotti (push) in una produzione di tipo PULL. La metodologia mira a minimizzare le scorte tra le operazioni del processo, per far emergere i problemi che coprono es: Macchinari, manodopera, sbilanciamento dei carichi di lavoro. Settare la produzione a pezzo singolo vuol dire ottimizzare tutta la linea ed eliminare sia le attese che il WIP.

Kanban

Si tratta di una metodologia di programmazione della produzione di tipo “pull” che permette di attivare la produzione o l’approvvigionamento da parte delle fasi a monte. Questo metodo associato alla produzione a celle permette, con l’uso delle schede Kamban di sincronizzare il flusso del materiale tra le varie stazioni della produzione. I cartellini kamban possono identificare o un segnale di prelievo del materiale o un segnale di produzione, che viene interpretato dell’operatore che a sua volta o avvia la produzione dei pezzi per riempire il contenitore kamban o procede al prelievo del contenitore Kanban pieno, questo permette visualmente di sincronizzare il flusso, riducendo il lead time totale ed il disallineamento di produzione tra le celle e il WIP nel sistema.



Figura 6: schema di funzionamento kamban

SMED - Single Minute Exchange of Die

Questo metodo punta a ridurre ad un solo minuto il tempo di setup tra due lotti di produzione. L’ideatore del metodo Shingeo Singo ha identificato quattro fasi di miglioramento del processo di cambio attrezzatura [3]:

- Individuazione dei set-up interni ed esterni e fase preparatoria
- Conversione del maggior numero di set-up da interni in esterni
- Miglioramento delle operazioni di set-up interno
- Miglioramento delle operazioni di set-up esterno

L’azione che apporta il maggior effetto nella minimizzazione del tempo di setup è la trasformazione delle operazioni di setup da interne ad esterne. Le operazioni interne sono quelle il cui svolgimento avviene durante il tempo di fermo macchina, quelle esterne sono al contrario eseguite prima e dopo il fermo macchina, quindi non sottraggono tempo produttivo. Più passaggi verranno eseguiti nella fase di arresto della macchina associata al changeover, più tempo potrà essere dedicato alla produzione [4].

Jidoka

La metodologia di Jidoka persegue come obiettivo finale quello di raggiungere la capacità di fermare la linea di produzione o la macchina da parte dell'operatore al momento della comparsa di un malfunzionamento o di problemi durante la fabbricazione. I problemi possono essere legati alla qualità dei prodotti e ritardare il processo di fabbricazione a causa di una mancanza di materiale, informazioni di utensili. Operatori di attrezzature hanno la capacità di rilevare anomalie emergenti e fermare immediatamente il funzionamento, permette un processo di produzione più efficiente. Gli strumenti che permettono l'implementazione delle regole Jidoka sono: Poka-Yoke e Andon [5].

VSM - Value Stream Mapping

Uno strumento ampiamente usato nelle imprese è VSM - Value Stream Mapping. VSM è un modo grafico di presentare il flusso di materiale e di informazioni nel sistema di produzione. La mappa mostra tutti i passaggi nel processo, dall'acquisto delle materie prime e finendo con la consegna dei prodotti finiti al cliente. Questa analisi permette l'identificazione di tutti i tipi di sprechi e l'orientamento per ulteriori azioni al fine di eliminarli [6]. La Figura 7 mostra un esempio di una Value stream map.

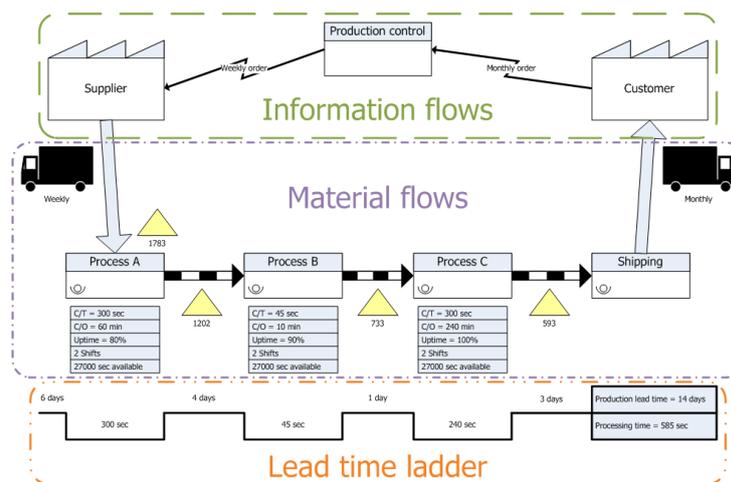


Figura 7: Esempio di rappresentazione della value stream map

SPAGHETTI CHART

Utile per rappresentare i flussi fisici di materiali, persone, documenti ed è applicata sia in ambito manifatturiero che nel settore di servizi. Il flusso del prodotto è rappresentato sul layout dello stabilimento, indicando le fasi di trasformazione, i controlli, le fasi di stoccaggio e tutte le attività. Così facendo si evidenziano tutte le movimentazioni e i percorsi che portano degli sprechi a causa di layout non ottimali. Il diagramma spaghetti è uno strumento adatto per visualizzare i percorsi di un operatore durante l'esecuzione delle sue attività e valutare i tempi impiegati per gli spostamenti.

Produzione a celle (Cellular Manufacturing).

Una cella è un gruppo di macchine messe insieme in un layout unidirezionale per produrre una famiglia di pezzi. La produzione a celle non riguarda solo la disposizione delle parti, ma significa uno spostamento fondamentale dalla produzione push alla produzione pull basata sul flusso, che richiede una filosofia di produzione completamente nuova. Un prodotto può viaggiare da un certo numero di celle collegate tra loro dalla fase di ingresso a quella di uscita. Tutte le celle sono collegate insieme usando la regola del pull. Un'altra caratteristica della produzione a celle è la presenza di lavoratori multi-qualificati in grado di lavorare su macchine o operazioni diverse. In una cella, l'obiettivo è quello di avere pezzi che fluiscono da una macchina all'altra ad una velocità determinata dal tempo takt, questo richiede il bilanciamento della linea di tutte le stazioni al tempo di takt.

Lavoro standardizzato

È uno strumento molto importante ma meno usato nell'implementazione Lean. Si concentra sul miglioramento continuo. È il processo di sviluppo di standard tecnici, i quali aiutano a massimizzare la sicurezza e la compatibilità. Ci sono tre elementi principali del lavoro standardizzato (tempo di takt, sequenza di lavoro, stock standard di processo).

Metodo 5S

Un altro metodo usato per il miglioramento dei processi di produzione è il metodo 5S, il quale è la base per l'implementazione del Lean Manufacturing. Il nome del metodo deriva dalle prime lettere delle parole giapponesi: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke che rappresentano anche i nomi delle cinque fasi di organizzazione del lavoro [7]:

- Seiri - ordinamento, selezione - l'eliminazione della stazione di lavoro di tutti gli elementi che non sono necessari per fare il lavoro. La prima fase mira principalmente a ridurre l'inventario e ad un

migliore utilizzo dello spazio di lavoro, in conformità con il principio della selezione, tutti gli elementi non necessari dovrebbero essere contrassegnati con un'etichetta rossa e collocati in una zona designata.

- Seiton - sistematica - disposizione, designazione e selezione di un posto adatto per tutti gli strumenti nella stazione di lavoro in fase di selezione. Lo strumento in questo caso suggerisce di usare i colori e le forme per codificare e identificare ogni strumento, questo permette di ridurre il tempo di selezione degli strumenti di lavoro, ridurre gli errori ed eliminare i difetti di qualità derivanti da essi.

- Seiso - pulizia - pulizia e manutenzione del luogo di lavoro e stabilisce lo standard di una corretta pulizia. Lo step mira a mantenere le posizioni in buone condizioni, identificare ed eliminare le cause di inquinamento ed alla cura delle macchine.

- Seiketsu - standardizzare - determinare le regole per le prime tre fasi delle 5S. In questa fase si definiscono principalmente le responsabilità dei dipendenti si creano istruzioni per l'esecuzione delle fasi precedenti, fornendo una procedura sistematica e ripetibile.

- Shitsuke - disciplina – rispetto delle regole fino al cambiamento delle abitudini. È una fase difficile e lunga, perché costringe a cambiare le abitudini sia dei lavoratori della produzione che della gestione. Il metodo 5S non richiede grandi investimenti finanziari, permette la creazione di funzione e compiti per il mantenimento, l'ordine e la pulizia dell'ambiente di lavoro rafforzando il senso di proprietà dei dipendenti in relazione al posto di lavoro.

Il ciclo plan do check act

Il ciclo di Deming ideato dal fisico e pioniere della gestione della qualità inglese William Deming, si basa sul principio del miglioramento continuo riguardo la qualità, tale processo si suddivide in quattro fasi:

- Plan (pianificare), la pianificazione degli obiettivi e le azioni necessarie si basano sulle problematiche analizzate e presenti all'interno del processo. Il plan comprende la definizione dell'oggetto di miglioramento. Il problema deve essere circoscritto e descritto raccogliendo informazioni e dati per valutare le potenzialità di miglioramento e definire gli interventi.
- Do (agire), il piano di miglioramento progettato nella fase precedente è implementato eseguendo gli interventi definiti nel rispetto dei termini previsti. Gli interventi effettuati devono essere documentati.

- Check (controllare): i risultati ottenuti sono confrontati con quelli attesi, le azioni sono monitorate e misurate. Il check comporta l'analisi, la registrazione e il controllo dei risultati.
- Act (correggere): le prestazioni del processo sono monitorate e si adottano delle azioni necessarie per migliorare i risultati raggiunti. In questa ultima fase si identifica il prossimo problema, il raggiungimento dell'obiettivo, la definizione di standard e il confronto TO BE/AS IS.

Six Sigma

Il termine "Six Sigma" si riferisce a una misura statistica del tasso di difettosità all'interno di un sistema. Sostenuto da tecniche statistiche, presenta un approccio strutturato e sistematico al miglioramento dei processi, mirando a un tasso di difetto ridotto di 3,4 difetti per ogni milione di opportunità, o Six Sigma (Brady e Allen, 2006).

È un sottoinsieme della metodologia TQM con una forte attenzione alle applicazioni statistiche usate per ridurre i costi e migliorare la qualità. La metodologia six sigma richiede di definire all'interno della struttura aziendale un gruppo di esperti adeguatamente formati in metodi statistici ed approcci alla risoluzione dei problemi. I due approcci che questi esperti usano nelle loro attività di analisi e soluzione dei problemi sono Define, Measure, Analyze, Improve, and Control (DMAIC) e Define, Measure, Analyze, Design, and Verify (DMADV). Six Sigma mira ad eliminare le variazioni di processo e a realizzare miglioramenti di processo basati sulla definizione di qualità del cliente, misurando le prestazioni del processo e gli effetti del cambiamento di processo.

Poka-Yoke

Poka-Yoke significa in giapponese "a prova di errore", un metodo per prevenire gli errori derivanti da errori umani. Il principio principale del sistema Poka-Yoke è che gli errori sono da imputare ai processi, non ai dipendenti. La soluzione Poka-Yoke è contraddistinta per prevenire qualsiasi errore nel processo. Con Poka-Yoke è anche possibile ottenere una riduzione del tempo necessario per la formazione dei dipendenti, eliminando molte operazioni di controllo della qualità (o la sua totale eliminazione), riducendo la quantità di difetti e un controllo del 100% del processo.

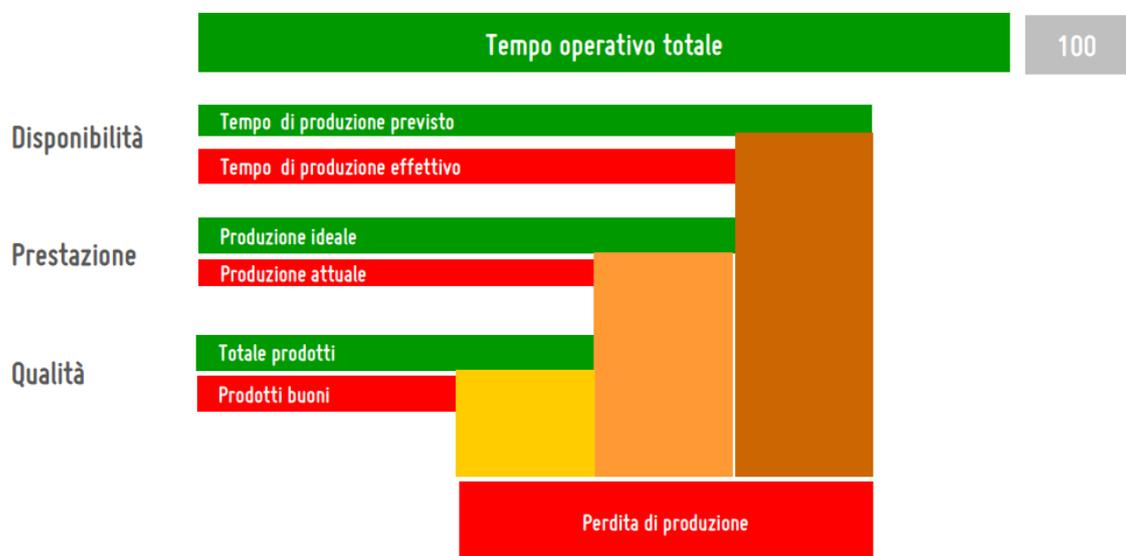
Heijunka

Heijunka, o livellamento della produzione, è una metodologia che mira ad eliminare i dislivelli nella linea di produzione. Il livellamento della produzione è raggiungibile con un sequenziamento accurato del mix di prodotti al fine di bilanciare la produzione, aumentare la produttività e la flessibilità

eliminando gli sprechi come tempi inattivi o sovraccarichi delle macchine e degli operatori, minimizzando le differenze di carico delle stazioni di lavoro [6]. Il livellamento della produzione consiste nel determinare la sequenza e la quantità che uscirà dal processo, in modo che la domanda attuale sia garantita dal magazzino / supermarket e non causi cambiamenti improvvisi nel programma di produzione. Il programma di produzione dovrebbe essere in un dato periodo di tempo costante (il tempo dipende in gran parte dalla stagionalità dei prodotti). L'obiettivo è quello di garantire che i pezzi siano prodotti in una particolare sequenza ed in lotti di pochi pezzi.

OEE

L'OEE è un KPI introdotto da Nakajima a fine degli anni 80 per la valutazione delle performance di attrezzature e macchinari. I risultati ottenuti possono essere confrontabili anche se ottenuti da unità produttive o reparti diversi evidenziando quindi la direzione sulla quale investire portando alla luce eventuali perdite. L'OEE è molto sintetico e quantitativo, è una misura espressa in punti percentuali che rappresenta tre diversi concetti rilevanti dal punto di vista del controllo di produzione: la disponibilità, l'efficienza e il tasso di qualità di un impianto. L'OEE aiuta a comprendere dove migliorare e l'impatto che hanno questi miglioramenti. L'OEE è dipende da tre fattori principali: disponibilità, efficienza, qualità. Questa suddivisione permette in modo chiaro di capire quale voce penalizza maggiormente il risultato così da agire e migliorare dove serve.



L'analisi dell'OEE parte con il Tempo Operativo Totale. Questo valore di tempo indica la quantità di tempo a disposizione per produrre dell'impianto o macchina. Di solito si esprime in turni di lavoro. Dal Tempo Operativo Totale occorre sottrarre tutti i tempi in cui il sistema non produrrà per cause note e pianificate, come ad esempio le pause, il pranzo, la manutenzione programmata, le ferie: il tempo rimanente è il Tempo Pianificato di produzione. L'OEE quindi inizia dal Tempo Pianificato di

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

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

1.6 LEAN MANAGEMENT

Nel libro “La macchina che ha cambiato il mondo” Womack, Jones e Roos sostengono che il pensiero Lean può essere implementato ed assorbito da tutte le aziende, ma che la piena potenzialità del sistema si ottiene solo quando viene applicato a tutti gli elementi dell'impresa, quindi non basta applicare gli strumenti, ma tutta l'azienda deve essere trasformata in una azienda Lean.

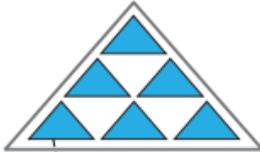
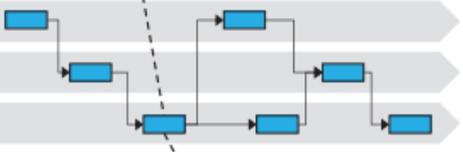
STRUTTURA DELLA LEAN PRODUCTION		ESEMPI	
OBIETTIVI STRATEGICI		OBIETTIVI	-Miglioramento della qualità
		PROCESSI AZIENDALI	-Processi di produzione -Processi di assemblaggio
OBIETTIVI OPERATIVI NELLA FASE DI ESECUZIONE		PRINCIPI	-Principio degli Zero difetti
		METODO	-JIDOKA - Controllo statistico del processo
		TOOL	-SIX SIGMA

Figura 8: La struttura del lean management

Nella Figura 8 viene mostrata la struttura dell'azienda integrata verticalmente con i metodi ed i principi Lean. L'approccio Top-Down allinea gli obiettivi strategici definiti dal Management con quelli operativi.

Il Lean Management si è evoluto durante gli anni e ad esso sono state integrate metodologie e strumenti che non facevano parte dell'iniziale visione della Lean Production ma che concorrono al raggiungimento degli obiettivi chiave della Lean. Anche dal punto di vista strategico della Lean sono stati integrati metodi di management di altri approcci come la metodologia Six sigma.

A livello operativo l'applicazione delle idee della Teoria dei vincoli (TOC) e l'uso degli strumenti e dei metodi Six Sigma possono essere visti come utili aggiunte. In particolare, Six Sigma affronta le fonti di variabilità a livello di processo e attraverso l'applicazione di un set di strumenti statistici. In generale, qualsiasi metodologia di management che abbia come obiettivo il soddisfacimento del cliente potrebbe essere integrata con il Lean Management.

Come discusso sopra, la sola applicazione di strumenti Lean non è sufficiente e porta a sottosistemi isolati di ottimizzazione ma impedendo il miglioramento dell'intera azienda.

Womack ha suggerito tre elementi della gestione Lean per migliorare le attuali pratiche di gestione (cfr. (Womack J. , 2011)).

- 1) Una persona responsabile - un value stream manager - dovrebbe essere assegnato ad ogni flusso di valore per supervisionare l'intero flusso di valore e migliorare continuamente tutti gli aspetti dei processi aziendali per progettare un'organizzazione centrata sul cliente. Il value stream manager dovrebbe agire come mediatore e negoziare con i capi dei singoli reparti dell'organizzazione per far fronte alle esigenze del prodotto e risolvere qualsiasi scontro o differenza facendo appello ai senior manager.
- 2) Invece di sviluppare metriche complesse per misurare e controllare i processi aziendali, si dovrebbe chiedere direttamente ai manager del flusso di valore come migliorare i processi relativi al loro flusso di valore. Questo focalizzerà l'attenzione del value stream manager sui processi e non solo sui risultati dei processi spostando l'attenzione dalla fase finale della linea al seguimiento ed il miglioramento dell'intero flusso di valore in gestione.
- 3) Tutti i manager del flusso di valore dovrebbero mettere continuamente in discussione il loro flusso di valore cercando costantemente di migliorarlo, questo processo deve essere trasformato in esperimenti eseguiti in modo scientifico usando il ciclo PDCA. La sperimentazione costante attraverso la gestione per metodi scientifici porta a miglioramenti sostenibili nel flusso di valore.

Inoltre, il Lean Management si concentra sulla formazione professionale e sulla formazione del personale e sul mantenimento di relazioni pubbliche positive (Lichtarski J., 1997). Questo metodo presta un'attenzione vitale agli aspetti riguardanti la gestione delle risorse umane nell'azienda.

L'autore di questo documento ha raccolto e definito brevemente alcuni componenti selezionati a cui ogni manager dovrebbe pensare:

Buona atmosfera sul posto di lavoro - è compito del datore di lavoro costruire un'atmosfera positiva nell'azienda. Un'atmosfera positiva non solo aiuta gli impiegati a compiere i loro task quotidiani, ma cementa anche i legami tra i colleghi e l'azienda. Come risultato, gli impiegati sono motivati abbastanza e dediti alla professione riportando risultati migliori anche in compiti più complessi.

Fissare gli obiettivi - affinché una persona lavori efficacemente, deve conoscere gli obiettivi del lavoro. Quindi, è di importanza significativa fissare obiettivi a lungo e a breve termine per gli impiegati. Il primo riguarderebbe l'avanzamento della loro carriera professionale. I secondi si concentrano sull'attenzione ai compiti quotidiani che svolgono. Questa componente del Lean Management è illustrata con un percorso di carriera determinato in modo trasparente che indica all'impiegato quali compiti devono essere portati a termine e cosa si deve imparare se si vuole essere considerati per una potenziale promozione

La comunicazione - è uno degli elementi principali che viene spesso omesso nella gestione delle risorse umane. Fondamentalmente, i manager di tutti i livelli dovrebbero costruire un sistema di scambio di informazioni tra i dipendenti di un determinato dipartimento. Vale la pena di organizzare brevi riunioni quotidiane per gli impiegati per elevare la qualità della comunicazione. Alla riunione gli impiegati potrebbero scambiarsi informazioni, controllare lo stato dei compiti o risolvere i problemi su base regolare.

Sprecare il potenziale umano - molte aziende perseguono l'obiettivo di un costante miglioramento dei loro processi. Vari metodi sono intrapresi per raggiungere questo stato. Occasionalmente, le aziende esterne sono impiegate per migliorare il funzionamento dell'azienda di destinazione. Il Lean management propone di consultare le modifiche con i dipendenti che hanno il quadro diretto del problema che devono affrontare regolarmente. strumento funzionale è un "sistema di suggerimenti" (Masaaki, I., 2006) che permette di utilizzare l'input dei dipendenti dell'azienda.

Sviluppo dei dipendenti - una delle risorse più essenziali nella maggior parte delle aziende sono sia i dipendenti diretti e di supporto alla produzione. Per questo motivo, i manager dovrebbero fare ciò che è in loro potere per fornire agli impiegati le opportunità di auto-sviluppo. È spesso sminuito o semplicemente dimenticato che investire nelle risorse umane equivale a investire nell'azienda e che i risultati diventeranno presto benefici. Ci sono metodi selezionati che contribuiscono all'obiettivo di avere un management altamente qualificato, i più riconoscibili sono: i progetti di sviluppo e la matrice di competenza.

Leadership - i manager devono essere costantemente consapevoli dell'importanza dello stile di gestione che applicano ai loro dipendenti. È categoricamente inaccettabile per i manager rivendicare il credito per le azioni dei loro dipendenti. È inoltre vitale per i manager cercare soluzioni ai problemi piuttosto che fare le vittime quando si presentano situazioni di crisi. I manager sono obbligati a migliorare le loro soft skills per diventare i Lean Leaders e di conseguenza ispirare rispetto tra i dipendenti.

1.7 Lean Six Sigma

Uno degli avanzamenti nel campo del management Lean è la fusione dei metodi del Six sigma. Lean Six Sigma (LSS) è un approccio CI relativamente recente volto al miglioramento della qualità che ha dimostrato di avere successo nel settore manifatturiero e dei servizi (Sunder, 2016b). Secondo Snee (2010), LSS non è semplicemente una metodologia CI, ma una strategia aziendale che aumenta le prestazioni dei processi migliorando gli indicatori chiave di prestazione, influenzando il miglioramento dei risultati finali. Sebbene LSS sia definito come la combinazione di Lean e Six Sigma, dal punto di vista del pensiero sistemico, costruisce sinergie tra loro che sono più efficaci per CI nel contesto organizzativo (Chiarini, 2013; Sunder, 2013). LSS utilizza strumenti sia di Lean che Six Sigma, per ottenere il meglio dalla sinergia delle due metodologie, aumentando la velocità e fornendo anche risultati di qualità (Mader, 2008). Questa integrazione consente alle organizzazioni di incorporare la capacità strutturata di risoluzione dei problemi come parte della cultura aziendale (Andersson et al., 2006; Weinstein, 2012).

CAPITOLO 2 LA DIGITALIZZAZIONE DELLA LEAN, I SISTEMI INFORMATIVI E LE INNOVAZIONI DELL'INDUSTRY 4.0

2.1 L'IMPORTANZA DEL DATO

La raccolta dei dati produttivi oggi per le aziende diventa indispensabile e base del processo produttivo. Per la gestione dei processi Lean, la continua ricerca del miglioramento e la valutazione delle prestazioni degli strumenti e delle tecniche applicate avere dati a disposizione è fondamentale. Tramite una raccolta dati accurata si ha una visione realistica dell'organizzazione avendo così a disposizione le informazioni necessarie quali:

- Performance
- Capacità produttiva
- Anomalie di produzione
- Tempi delle varie fasi del ciclo produttivo

Questo supporta le decisioni strategiche abbattendo i costi e ottimizzando la produzione. Una mancanza di informazioni, infatti, potrebbe compromettere la gestione aziendale rendendola non reattiva e competitiva. Investire nei dati è una scelta strategica e conveniente per le aziende. È un investimento a lungo termine ma che porta molteplici vantaggi. Per un corretto utilizzo del dato, bisogna partire da ciò che si vuole conoscere e dalle decisioni che si vogliono prendere e quindi individuare le informazioni necessarie che guidano le decisioni. È bene quindi distinguere i dati utili da quelli che non lo sono.

A volte capita che raccogliendo una gran mole di dati, questi possono creare confusione e da questi vengono ricavate le informazioni che non guidano la decisione basandosi da ciò che si vuol sapere ma da ciò che si ha. Risulta di fondamentale importanza quindi un'analisi preliminare per definire quali siano i dati significativi da raccogliere. Il passo successivo da non tralasciare riguarda il coinvolgimento delle persone interessate, sia dei manager che degli operatori affinché vi sia successo.

Successivamente bisogna analizzare e catalogare i dati raccolti in modo da uniformarli e omogeneizzarli. Ad esempio, tramite i Big Data Analytics è possibile creare report e grafici che permettono lo studio dei dati raccolti. Così facendo ogni reparto e ogni livello in azienda può fissare degli obiettivi da raggiungere e monitorare per poi migliorare grazie allo studio dei dati raccolti. Un approccio strutturale dei dati è alla base dell'industria 4.0 grazie al quale le aziende nel settore

manifatturiero potranno risparmiare risorse, aumentare la qualità dei prodotti e aumentare l'efficienza.

2.2 MONITORAGGIO E SUPPORTO A SCELTE DECISIONALI

Lo scopo di una adeguata gestione dei dati e delle informazioni è delineare un'attività di monitoraggio strutturata che permette di individuare eventuali criticità di prodotto e processo per agire tempestivamente correggendo le anomalie. Inoltre, un'analisi corretta dei dati è il punto di partenza per effettuare scelte corrette basate sui dati e informazioni obiettivi. Un monitoraggio efficace è uno dei punti fermi delle metodologie della Lean Production.

Il monitoraggio fornisce informazioni sotto forma di dati di inventario, uso materie prime energia e stato della produzione attuale. Permette di ottenere una visione d'insieme dell'attività produttiva portando alla luce inefficienze e sviluppare una soluzione a riguardo. In particolare, il monitoraggio prevede le seguenti attività:

- Registrazione degli spostamenti di materiale attraverso l'impianto produttivo, tracciare il percorso dei materiali, dove e quando è stato movimentato.
- Raccolta di dati sulla quantità dei lotti.
- Ricezione delle informazioni da parte della produzione, quali materie sono state consumate, e le informazioni sullo stato delle macchine.
- Creazione di documenti e report connessi al processo produttivo.

La raccolta dati permette la rilevazione e l'analisi delle criticità aziendali, monitorando in tempo reale è possibile intervenire immediatamente su eventuali guasti o fermi macchina. Grazie a questo è possibile correggere in modo mirato e migliorare la manutenzione. Il monitoraggio può essere eseguito attraverso sistemi automatici di rilevamento dati come il MES .

Il valore aggiunto di utilizzare un sistema MES per il monitoraggio dei dati è la disponibilità in tempo reale delle informazioni e di conseguenza la possibilità di analizzare i dati per la creazione di indicatori e KPI in un'interfaccia digitale facile da utilizzare e di facile visualizzazione. Attraverso una piattaforma integrata nell'impianto produttivo e digitalizzata nel processo di raccolta dati si hanno:

- Monitoraggio del processo produttivo: stato dell'attività produttiva, qualità, eventuali difetti e scarti
- Controllo dello stato degli impianti di produzione: controllo di anomalie e intercettazione dei guasti evitando fermi macchina.

- Flessibilità aziendale: la connessione a internet permette la gestione e il controllo del reparto produttivo anche da remoto avendo sempre a disposizione i dati di produzione favorendo una possibile modifica del prodotto rendendo l'azienda pronta e flessibile alle richieste.

La personalizzazione del sistema e delle interfacce è un ulteriore valore aggiunto in quanto permette di creare dashboard personalizzabili che mettono in luce i valori caratteristici di ogni singola macchina, informazioni visualizzabili su qualsiasi dispositivo connesso ad internet come pc, tablet, smartphone ecc... Il monitoraggio non solo dei dati di produzione ma anche degli impianti stessi permette di comprendere l'efficacia e il funzionamento attraverso la determinazione dell'OEE, strumento importante nella valutazione delle performance della Lean Manufacturing e dei suoi avanzamenti nelle linee di produzione.

2.3 DATA DRIVEN

Come anticipato, la creazione di report basati sui dati aiutano la condivisione tra i vari reparti aziendali e quindi facilitano la capacità di pianificare, effettuare correzioni per aumentare le prestazioni produttive e aiutano nel prendere scelte e decisioni. Una volta compreso l'importanza del dato, è importante saperlo gestire al fine di prendere decisioni adeguate.

Nasce così l'approccio del Data Driven ovvero un metodo che considera il dato non solo come fattore tecnico ma come un pilastro strategico in grado di migliorare l'attività. Essere Data Driven, quindi, significa farsi guidare dai numeri, prendere decisioni basate sui dati e quindi da fattori obiettivi, reali e non da sensazioni personali. Così facendo si avvia un processo di cambiamento verso la "cultura del dato" superando la precedente impostazione vecchio stile nella quale le decisioni sono di coloro gerarchicamente maggiori o con più anzianità.

Questa trasformazione, quindi, non avviene solamente adottando una più recente tecnologia ma attraverso un percorso di Change Management in grado di condurre la cultura del dato a tutti i livelli aziendali. Uno studio del 2018 ha osservato che le organizzazioni hanno investito miliardi di dollari per modernizzare la propria azienda, ma il 70% di tali iniziative fallisce poiché viene data priorità agli investimenti in tecnologia, senza costruire una cultura dei dati che la supporti.

È possibile riassumere in cinque fasi quelli che sono gli step da seguire per arrivare in modo graduale a capacità analitiche avanzate e infine ad un approccio data driven in grado di conseguire successo:

- 1) Prerequisiti: per prima cosa è importante avere dati di qualità quindi se i dati non sono adeguati occorre in primis migliorare la capacità di raccolta dati.
- 2) L'azienda può passare ad un approccio data driven?: in questa fase si valuta se l'azienda abbia le competenze, la cultura e le tecnologie adatte ad un cambiamento di questo tipo. Ogni azienda ha obiettivi ed esigenze differenti, è bene quindi comprendere quali processi sono più critici dal punto di vista di analisi dei dati.
- 3) La scelta del percorso: comprese le proprie capacità analitiche di un'azienda, la stessa deve decidere quale percorso proseguire per i propri obiettivi anche grazie ai dati. Nelle organizzazioni più consolidate questo cambiamento di procedure, processi e decisioni può portare ad una resistenza, per questo risulta di aiuto un percorso più graduale che mette in luce i benefici prodotti da questo approccio.
- 4) Approccio data driven e tecnologia: una volta che la strategia e il piano d'azione sono stati definiti, bisogna adottarsi delle tecnologie corrette. Sistemi IOT, sensori e soluzioni di gestione e analisi dei dati permettono all'azienda di imparare da ogni nuova analisi.
- 5) Misurazione delle performance: in questa fase vengono creati parametri di misurazione delle performance e attuazione dei processi di monitoraggio dei progressi raggiunti. Tramite questa misurazione si possono prendere decisioni riguardo alle risorse, dove e quante destinarle. Un approccio data driven quindi necessita di dati reali corretti e aggiornati per generare analisi, statistiche e report. Tutto questo fa parte di un cambiamento continuo che le aziende devono affrontare al fine di rimanere competitive. Il cambiamento continuo è infatti nato con la lean thinking diventando uno dei suoi principi.

2.4 SISTEMI PER GESTIRE I DATI (ERP)

I dati devono essere trasformati in informazioni, interpretando i dati si va a comporre il patrimonio di conoscenza di un'azienda. L'informazione, quindi, è un insieme di dati che forniscono supporto nelle decisioni aziendali. Fino agli anni 90, nelle aziende venivano utilizzati sistemi informativi articolati e dislocati dove ogni parte del sistema supportava esclusivamente una specifica funzione aziendale. Questo comportava diverse problematiche come l'eterogeneità dei sistemi che portava l'organizzazione ad una gestione di un elevata quantità di informazioni. La separazione in sottoinsiemi divisi nelle varie aree aziendali comportava una difficile interazione tra le diverse aree. Tutta questa separazione ed eterogeneità contrastava una chiara visione globale dell'azienda.

Al fine di gestire tutti i dati raccolti e fornire una gestione completa di tutte le informazioni in possesso e utilizzabili da ogni reparto aziendale, serve un sistema informatico in grado di far comunicare le varee aree rendendo fruibile ad esse le informazioni necessarie. Un' esempio è l'ERP (Enterprise Resource Planning), la sua funzione è il controllo e la gestione di tutte le risorse utilizzate nei processi aziendali. I dati provenienti dalle molteplici parti dell'azienda vengono raccolti in maniera centralizzata. Integra così tutti i processi di business di un'azienda.

The American Production and Inventory Control Society (APICS) ha definito l'ERP come “un metodo efficace per pianificare e controllare tutte le risorse necessarie per la fornitura, la produzione, la contabilità e la consegna dell'ordine al cliente in un'azienda manifatturiera, di distribuzione o di servizi”. L'ERP è quindi un pacchetto software composto da vari moduli integrati i quali attingono ad una base di dati comune mentre le procedure sono create in modo da cooperare e interagire.

Le principali aree che l'ERP supporta sono:

- Accounting
- Financial
- Production
- Transportation
- Sales
- Human Resources
- Supply Chain
- Customer Relationship

Sfruttando la presenza di un unico database l'ERP risulta essere più veloce e flessibile nel caso l'azienda lo desideri, fornendo una visione globale di essa.



Figura 9: chema moduli erp

L'ERP è un sistema formato da dei moduli indipendenti fra loro i quali coprono ognuno una specifica area aziendale, per questo è estremamente personalizzabile adattandosi alle necessità. È un sistema molto complesso che richiede un grande investimento in termini di risorse economiche e fisiche in quanto gli utenti che devono utilizzarlo devono possedere le giuste competenze.

Per questo motivo l'implementazione di un sistema del genere richiede tempo che dipende dalla personalizzazione che l'azienda richiede, dalla sua complessità e dal numero dei moduli che vengono richiesti.

VANTAGGI ERP

Anche se la sua implementazione richiede investimenti di denaro e di formazione del personale i vantaggi che ne derivano sono molteplici come:

- Processi aziendali semplificati e standardizzati:
- Panoramica in tempo reale dell'azienda
- Approfondimenti aziendali basati sui dati
- Più cooperazione tra i reparti
- Maggiore produttività
- Riduzione dei tempi di consegna e del tempo ciclo

SVANTAGGI ERP

- Dipendenza dal produttore del software
 - Sforzi aggiuntivi dati dalla complessità del sistema
 - Guasti nel sistema possono incidere su vari dati e aree funzionali
- Costi per formazione e personalizzazione del software

2.5 SISTEMI INFORMATIVI DI GESTIONE DELLA PRODUZIONE: DALL MES AL PLM

I SISTEMI MES

Dalla fine degli anni 90, è cresciuta l'importanza delle rilevazioni del ciclo produttivo in modo da ricavare l'efficienza, le criticità e il costo che comportano in tutto il sistema produttivo.

Al fine di definire strategie di miglioramento, la raccolta e l'analisi dei dati è obbligatoria. L'adozione di metodologie per la Lean production non può escludere un'integrazione con gli strumenti informatici.

I sistemi MES (manufacturing execution system) prevedono un ruolo chiave e di responsabilità nella raccolta dati, trasmettere informazioni e a supporto di analisi.

Questi sistemi informatici, si occupano di monitorare, registrare e distribuire dati che permettono di ottimizzare la produttività fornendo informazioni in tempo reale sulle attività eseguite dai vari reparti aziendali. La rapidità dello scambio di informazioni derivate da un sistema MES integrato alla costante attenzione volta al minimizzare le attività senza valore aggiunto portano ad una maggiore produttività dello stabilimento.

Il MES però non è solamente un supporto al monitoraggio della produzione ma può anche essere di supporto per le attività di manutenzione, qualità e inventario. Così facendo si può ricostruire in tempo reale l'intero processo produttivo e individuare criticità laddove vi sono nelle diverse fasi del processo e agire tempestivamente trovando soluzioni che permettono un miglioramento delle performance.

Nelle aziende che richiedono requisiti di qualità elevati il MES contribuisce al raggiungimento dei risultati in quanto sfruttando le sue funzionalità è possibile anticipare i problemi che influiscono sulla qualità del prodotto finale e di conseguenza ad un suo scarto o rilavorazione.

Riducendo le attività di produzione migliorando la qualità si ha una riduzione delle operazioni che non portano valore al prodotto ma che costituiscono uno spreco di tempo come ad esempio le rilavorazioni. I test eseguiti nei casi studio affermano che è possibile ridurre le parti da scartare o rilavorare del 50% con un monitoraggio in tempo reale proprio perché si anticipano i difetti riducendo anche i lead time di produzione del 40%.

Il Manufacturing Execution System rappresenta, inoltre, un efficace strumento decisionale poiché consente all'addetto alla sorveglianza del processo produttivo di identificare in tempo reale

scostamenti e criticità tramite allarmi, dashboard, grafici interattivi e KPI che visualizzano in modo immediato l'efficienza dei processi produttivi. Queste informazioni permettono sia una maggiore responsabilizzazione sul lavoro degli operatori, sia una supervisione puntuale da parte del management.

In particolare, il MES supporta le seguenti aree aziendali:

Gestione delle operazioni di produzione: include attività di controllo e pianificazione di produzione. È un insieme di attività che coordina, dirige e monitora le funzioni che utilizzano materie prime, energia e personale per produrre il prodotto.

La gestione delle operazioni di produzione include le seguenti attività:

- Gestione della definizione del prodotto, gestisce tutte le informazioni riguardo alle materie prime utilizzate, semilavorati e le relative quantità e istruzioni su come produrre. Comprende tutti i documenti e manuali dei prodotti nelle sue varianti, queste informazioni sono dettate dal reparto di ricerca e sviluppo che considera le esigenze del cliente ed una volta creato il prodotto e definito le specifiche tecniche può essere mostrato in produzione grazie al MES su una periferica quale il tablet.
- Assegnazione di Produzione, esso relaziona l'ordine di lavoro della produzione con le risorse aziendali (equipaggiamento, personale materiali e componenti). Per ogni ordine di lavoro, si delinea il materiale da utilizzare, le attrezzature, il personale e lo stoccaggio.

Gestione delle operazioni manutentive: è definita come l'insieme delle attività che coordinano dirigono ed eseguono le funzioni di manutenzione per assicurare la disponibilità delle macchine per la produzione.

Vi sono tre categorie di manutenzione:

- 1) Manutenzione correttiva, manutenzioni eseguite a seguito di eventi che ne causano la necessità come i guasti
- 2) Manutenzione preventiva, pianificate o cicliche
- 3) Manutenzione condition based, basate sulle condizioni derivanti o dedotte dalle informazioni ottenute dall'equipaggiamento

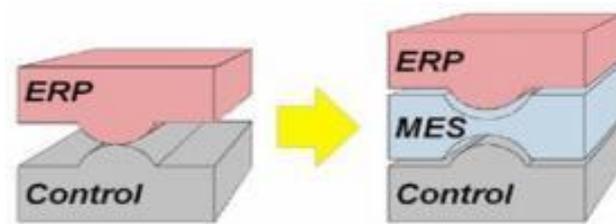
Il sistema MES offre supporto per ogni categoria di manutenzione, gestisce le risorse di manutenzione, pianifica la manutenzione, condivide documenti utili ad essa quali documenti tecnici o istruzioni su come operare durante la manutenzione ed infine la monitora e analizza i dati rilevati.

Gestione delle operazioni di qualità: le attività ad essa connesse sono la valutazione delle materie prime, la valutazione del prodotto e test di qualità sui materiali o comportamento dei componenti. Sempre tramite il MES questi processi possono essere più veloci ed intuitivi e condotti direttamente dal personale operativo che visionando le direttive dal tablet attua i test di qualità durante la produzione del lotto e comunica direttamente i risultati sempre tramite il MES. Questo garantisce un rapido scambio di informazioni utile per redigere report più automatici o in casi di anomalie di interrompere subito la produzione senza sprechi di risorse, materiali ed energia.

Gestione dell'inventario: il MES grazie ad un monitoraggio in tempo reale della produzione permette un'analisi più accurata e automatizzata di quelli che sono i movimenti a magazzino. Tali informazioni possono essere subito visionate o automatizzate dall'ufficio acquisti in modo da contattare tempestivamente il fornitore e solamente nel momento reale in cui si ha bisogno di un riordino.

RUOLO DEL MES

Il MES ricopre un ruolo importante di collegamento fra il livello decisionale dell'impresa gestito dagli ERP e il livello operativo che comprende le attività di produzione, superando perciò i limiti di un sistema MRP in quanto questi ultimi hanno dei ritardi comunicativi poiché lo scambio di informazioni non avviene in tempo reale.



I due livelli operano con cicli di controllo eseguiti in determinati cicli temporali. Questo porta ad una scarsa cooperazione tra i livelli in quanto il focus e gli orizzonti temporali sono decisamente distanti.

La pianificazione della produzione di un sistema ERP si basa su intervalli di settimane/mesi mentre le attività della produzione sono di minuti o secondi. Introducendo

un ulteriore livello dedicato esclusivamente al controllo delle attività di produzione, si potrà colmare quel gap di integrazione fra i 2 livelli.

Per questo motivo un sistema MES gestisce 2 flussi di dati: quello TOP-DOWN e quello BOTTOM-UP. Il primo traduce i requisiti e i bisogni del livello organizzativo/manageriale in un piano di sequenza dettagliato che soddisfi gli obiettivi. Questa schedulazione tiene subito conto del carico di lavoro valutando la disponibilità delle risorse necessarie al processo produttivo (macchine personale, disponibilità materiale ecc...) e i vincoli di processo quali i setup e la capacità produttiva.

Il flusso ascendente invece è generato grazie alla raccolta e all'elaborazione dei dati provenienti dal ciclo produttivo.

Oggi giorno grazie all'Internet of Things (IOT) tutto l'impianto può essere dotato di strumenti per il reperimento dei dati e controllo.

OBIETTIVI FONDAMENTALI DI UN SISTEMA MES

- integrazione con il livello di business per lo scambio di informazioni in tempo reale che permette di ridurre l'inesattezza dei dati tra un reparto e l'azienda. La qualità delle informazioni e le modalità di comunicazione di esse impattano fortemente sull'efficienza dell'azienda.
- L'elaborazione dei piani di produzione attendibili tramite l'analisi delle capacità e la presenza delle risorse come: personale, materie prime e strumenti per la lavorazione. Per rendere infatti il sistema produttivo reattivo e flessibile è necessario avere dati chiari sui tempi di lavorazione in modo da aggiornarli in caso di miglioramenti o modifiche.
- monitoraggio continuo riguardo ai tempi di lavorazione e cicli di produzione

- miglioramento delle performance e dell'efficienza della macchina e operatori diminuendo i tempi ciclo tramite l'elaborazione dei KPI aziendali.

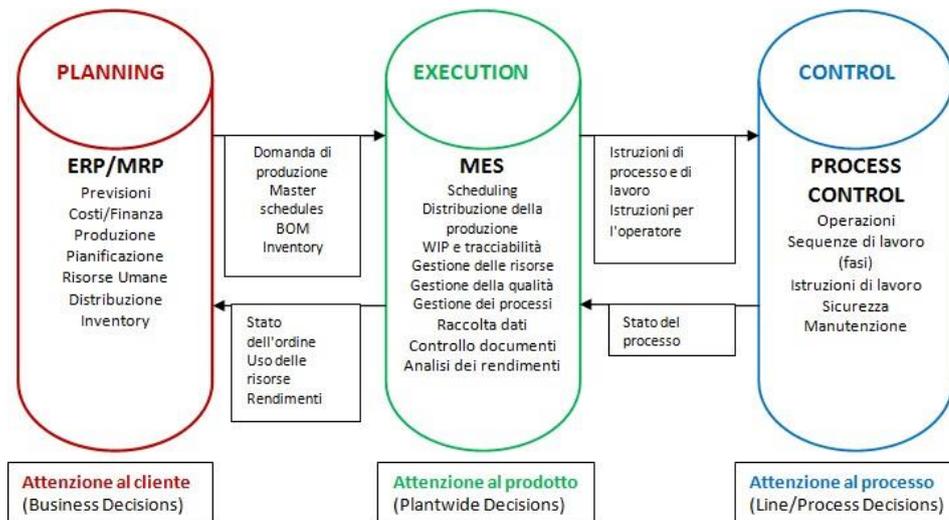


Figura 10: Schema compiti svolti dal sistema MES e ERP

VANTAGGI DEL MES

Grazie a questo strumento informatico è possibile avere un processo produttivo più efficiente con i seguenti vantaggi:

- Offre visibilità produttiva in tempo reale: stato della produzione, inventario, ordini dei clienti
- Migliora la qualità del prodotto
- Previene errori operativi
- Raccoglie in modo automatico i dati di tracciabilità dei materiali e di quanto avviene nel processo
- Riduce i tempi e i costi del lavoro
- Permette un'analisi dei dati e un reporting
- Utilizzo da remoto su di un tablet senza documenti cartacei
- Elimina o minimizza le attività senza valore aggiunto
- Standardizzazione dei processi
- Decisioni operative e strategiche basate sui fatti
- Completo controllo sul processo di produzione

I SISTEMI PLM

Il PLM è un software utilizzato per la gestione di tutte le informazioni riguardanti i prodotti durante tutto il ciclo di vita di essi. Il PLM deve interfacciarsi con i software di gestione della produzione come l'ERP ed il MES e con i reparti produttivi. Il PLM è un database in grado di contenere tutte le informazioni riguardanti tutti i prodotti di una azienda. Tutte le informazioni sono accessibili ad i vari livelli aziendali grazie ad interfacce che ne permettono un facile utilizzo ed una fruizione dei dati ottimale. Sul mercato si possono trovare diverse soluzioni PLM come il software sviluppato da Dassault System, Teamcenter di Siemens ed il PLM sviluppato da Lascom

Il PLM è stato descritto da Saaksvuori e Immonen come un concetto di business olistico. Gli autori affermano che il PLM dovrebbe gestire il prodotto e il suo ciclo di vita e altre cose come: documenti, database, specifiche di test, standard di qualità, risultati di analisi, requisiti ingegneristici, informazioni sui componenti ambientali, ordini di modifica, procedure di produzione di informazioni sulle prestazioni del prodotto e sui fornitori dei componenti (Saaksvuori e Immonen, 2005).

Il PLM inoltre, permette di sviluppare virtualmente il prodotto ed il correlato processo ancor prima di procedere con la produzione reale. L'obiettivo del PLM è quello di mettere a disposizione e strutturare tutti i dati di progettazione, produzione e manutenzione, rendendoli accessibili facilmente ed in poco tempo.

Il PLM integra un set di strategie e strumenti IT per la gestione delle informazioni del prodotto, dei processi ingegneristici e delle applicazioni. Un PLM efficiente permette un corretto flusso delle informazioni riguardanti lo sviluppo del prodotto ed è promotore delle innovazioni nel processo di produzione

L'adozione di un sistema PLM introduce tre vantaggi essenziali[9]:

- Migliore qualità dei dati – Tutti i dati che si riferiscono allo stesso prodotto possono essere associati tra loro elettronicamente (anche se di tipi diversi)
- Maggiore congruenza dei dati – I dati divengono effettivi immediatamente dopo essere stati creati o aggiornati. Non vi sono più ritardi, eliminando così il rischio di progettisti che lavorano contemporaneamente su diverse versioni dello stesso dato, senza sapere con certezza se stanno operando su quella corretta.
- Maggiore trasparenza dei dati – Anziché far esaminare i dati a turno ad un progettista/revisore, l'intero progetto/prodotto viene analizzato contemporaneamente dall'intero gruppo di lavoro.

Ad esempio, i tecnici di produzione possono iniziare a studiare le caratteristiche progettuali del prodotto (apportando la propria esperienza) molto tempo prima che i disegni arrivino sul tavolo degli addetti alla produzione.

- Controllo e distribuzione dell'informazione – i dati possono essere resi disponibili agli utenti giusti al momento giusto, inibendo capacità di modifica a coloro non abilitati e fornendo automaticamente accesso alle nuove informazioni in base allo stato dei dati.

2.5 INDUSTRIA 4.0

L'industria 4.0 è la trasformazione digitale delle industrie specialmente di quelle manifatturiere, basandosi sulla raccolta di dati e informazioni riguardanti le persone, i processi, sistemi e macchinari realizza un ecosistema intelligente e innovativo. L'industria 4.0 si può anche definire come l'evoluzione industriale che dal 2011 ad oggi ha portato una maggiore informatizzazione e l'utilizzo di dispositivi tra loro connessi, i protagonisti di questo collegamento sono i dispositivi IOT (internet of things) che permettono di collegare macchinari industriali a database, smartphone e tablet, sensori e attuatori per rendere il tutto più automatico. Grazie a tutto ciò è possibile controllare l'intero ciclo produttivo anche da remoto grazie ai collegamenti con i macchinari. Un lavoro di controllo costante e minuzioso impossibile da attuare solamente per un lavoratore umano. Questo è di fondamentale supporto alla Lean Manufacturing e la possibilità di usufruire delle informazioni dei reparti produttivi in real-time permette di incrementare maggiormente l'effetto della Lean.

PUNTI INDUSTRIA 4.0

Non essendoci una definizione ben delineata dell'industria 4.0 non vi sono nemmeno i principi saldi per basarne una definizione. Perciò Hermann, Pentek e Otto gli autori di "Design principles for industrie 4.0 Scenarios" hanno effettuato una ricerca sulle parole chiave più utilizzate nella letteratura ricavando sei punti fondamentali.

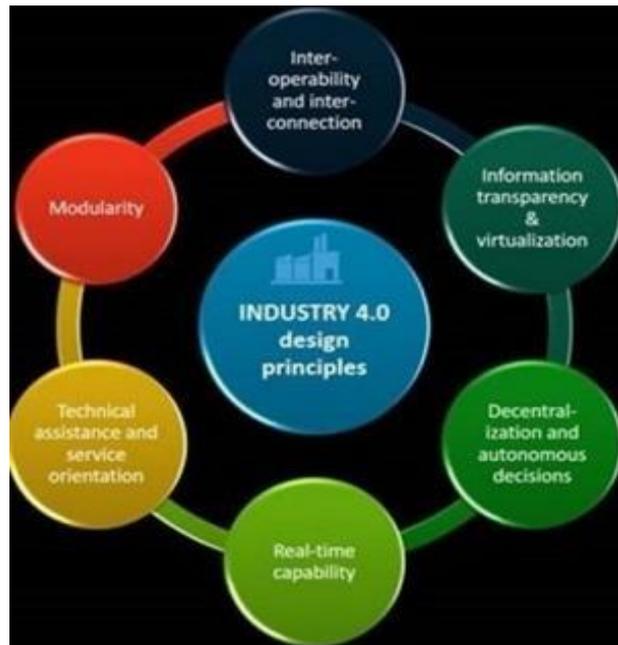


Figura 11: i punti dell' induztria 4.0

- 1 Interconnessione: la connessione deve avvenire tra tutti gli autori dell'azienda macchine dispositivi sensori e persone. Così facendo si crea una forte collaborazione per un fine comune scambiando dati che possono essere sfruttati da tutti i partecipanti. Il rapporto di connessione può essere di tre tipi: uomo-uomo, uomo-macchina e macchina-macchina, ognuno di questi è necessario per avere buone prestazioni aziendali. Un problema che potrebbe crearsi però è che la comunicazione in questi tipi di rapporti possa essere differente, ad esempio, le macchine potrebbero scambiare dati secondo diversi metodi non riuscendo così a capirsi. Per questo è importante creare un metodo standard cosicché da garantire la comunicazione anche con due produttori differenti.

Possibilità	Rischi
<ul style="list-style-type: none"> - Semplificazione nella collaborazione - Flusso di informazioni comune - Riduzione degli sprechi per il rilevamento dei dati - Miglioramento qualità dei dati 	<ul style="list-style-type: none"> - Sicurezza dei dati - Grande mole di dati da gestire - I dati possono essere mal interpretati - Mancanza di comunicazione standard

Figura 12: possibilità e rischi dell'interconnessione

- 2 Trasparenza dell'informazione: i dati rilevati dai sensori che digitalizzano il mondo reale vanno elaborati tenendo conto del contesto così da prendere le opportune decisioni. Gli stessi dati una volta elaborati devono essere di facile lettura, ad esempio, attraverso grafici così da essere il più trasparente possibile e garantire una giusta interpretazione.

3 Decisioni decentralizzate: i 2 punti precedenti portano alla presa di decisioni sul comportamento delle macchine da parte dei dispositivi stessi. I vantaggi di questo sono principalmente due: gli operatori non sono scomodati per ogni minima alterazione dello stato del macchinario e ogni congegno può prendere decisioni migliori rispetto a quelle umane in quanto dispone di una mole di dati che una persona non riuscirebbe ad analizzare in breve tempo. L'operatore è richiesto solamente in caso la macchina non riesca a trarre una determinata scelta ovvero quando due

Possibilità	Rischi
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizzo efficiente delle risorse - L'impianto è flessibile in base al suo andamento - Reazione rapida agli imprevisti 	<ul style="list-style-type: none"> - Responsabilità da chiarire - La macchina può prendere decisioni errate senza consultazione umana - Dipendenza dalla tecnologia

Figura 13: possibilità e rischi delle decisioni decentralizzate
 decisioni vanno in contrasto fra loro. Le possibilità e i rischi delle decisioni decentralizzate sono di seguito riportati.

- 4 Assistenza tecnica: con le macchine autonome gli operatori non devono costantemente monitorare l'apparecchiatura ma devono gestire le giuste decisioni. Quando queste decisioni sono troppo difficili anche per gli operatori è necessaria un'assistenza tecnica che aiuti la persona ad avere un quadro più ampio e completo sullo stato della macchina. Per esempio, tramite tablet si possono vedere grafici e andamenti dei dispositivi dell'impianto o istruzioni tecniche per il suo reset o risolvere anomalie.
- 5 Operatività in tempo reale: riguarda l'abilità dei sistemi digitali di rilevare costantemente la situazione del sistema e supporta gli uomini con analisi complesse per prendere decisioni risolutive in tempo reale. La flessibilità, la manutenzione predittiva, la capacità di sostituire rapidamente le risorse in caso di guasto hanno senso in un contesto che funzioni in tempo reale.
- 6 Modularità: è la possibilità di isolare e personalizzare i singoli moduli per risolvere problemi specifici. Significa passare da un sistema lineare ad un ambiente in cui le richieste del cliente cambiano e dove le condizioni di mercato sono messe al centro dell'attenzione.

COMPONENTI INDUSTRIA 4.0

I principi precedentemente descritti vengono messi in pratica da diversi dispositivi, i componenti quindi dell'industria 4.0 sono:

- Sistemi ciberfisici (CPS): questi componenti costituiscono il collegamento fra la realtà e il mondo digitale. Possono essere programmati e comandati dai lavoratori in modo da attuare certi lavori rispetto alle normali macchine. I sistemi ciberfisici collegati alla rete salvano e analizzano dati.
- Internet of things (IOT): IOT è la connessione e collaborazione dei vari elementi ad un'unica rete. Rappresentano qualsiasi oggetto che collabora e interagisce nella rete comune ad esempio: sensori, attuatori, tablet, telecamere e anche gli stessi sistemi ciberfisici.
- Internet of services (IOS): è la fornitura di un servizio tramite internet. Il lavoratore può accedere al servizio tramite un qualsiasi dispositivo connesso alla rete, la macchina stessa può essere programmata per accedere alla rete e comunicare con l'applicazione.
- Industria smart: si basa sul fornire aiuto a macchine e lavoratori all'interno dell'impianto industriale.

Tramite sistemi che lavorano in background, vengono attuati vari servizi utili, ad esempio, il riordino di materiale quando questo scende sotto una certa soglia, tutto ciò svolto in maniera autonoma e invisibile da parte degli operatori. In un sistema 4.0 come quello descritto la Lean trae benefici enormi, ottenendo un enorme quantità di dati a supporto delle decisioni strategiche. La tradizionale architettura piramidale viene sostituita da un paradigma dove applicazioni e dispositivi comunicano fra loro connessi ad una infrastruttura centrale aprendo le porte ad una supply chain 4.0

2.6 INDUSTRY 4.0 INCOTRA LA LEAN

Da molti decenni la produzione Lean è usata come principale metodologia per la riduzione della complessità operativa e per il miglioramento della produzione.

Come discusso nel capitolo precedente l'adozione della Lean permette di porre le basi per l'eccellenza operativa standardizzando i processi, introducendo una cultura del miglioramento continuo e responsabilizzando i lavoratori in produzione. La sempre crescente complessità delle operazioni però sta spingendo le aziende a compiere ulteriori passi oltre la Lean per affrontare le loro sfide operative.

L'industria 4.0 viene a supporto di queste sfide ed offre nuovi approcci per affrontare la complessità e come la LM migliorare la produttività. Le aziende mondiali stanno utilizzando la combinazione degli strumenti della Lean in combinazione con le tecnologie dell'Industria 4.0 ottenendo risultati ottimi nell'aumentare la velocità, l'efficienza ed il coordinamento delle operazioni negli stabilimenti produttivi e lungo tutta la catena di valore. La figura 14 mostra come l'adozione dei metodi della Lean

manufacturing da sola non è abbastanza per generare un aumento della produttività a lungo termine ma combinato alle tecnologie dell'Industry 4.0 ed alla digitalizzazione della Lean può portare ad un incremento sostenibile della produttività sul lungo periodo.

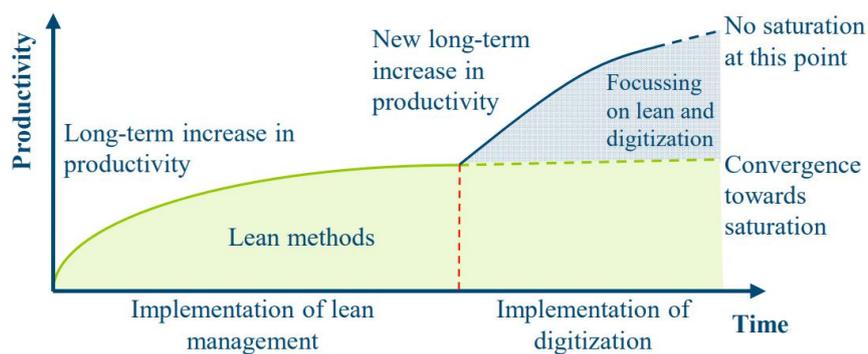


Figura 14: possibile aumento produttivo con l'implementazione dell'industria 4.0 e la Lean

Il caso studio di T. Wagner(2017), condotto in una azienda manifatturiera in Turchia dimostra risultati eccellenti nella digitalizzazione della Lean. L'azienda ha applicato e testato un sistema MES interconnesso con tutte le macchine, tramite sensori, il quale raccoglie i dati real-time e permette un calcolo dell'OEE accurato. Questo processo di digitalizzazione di un sistema Lean è portato al raggiungimento di un OEE del 93%, un risultato eccellente secondo gli standard dell'industria.

Integrazioni della Lean e l'Industry 4.0

Molti autori hanno investigato sull'interazione ed i benefici dell'integrazione delle tecnologie dell'Industry 4.0 con gli strumenti Lean.

Satoglu sostiene che l'implementazione delle tecnologie dell'Industria 4.0 da sola non può affrontare i problemi radicati nella cattiva gestione o nella disorganizzazione. In effetti, queste tecnologie dovrebbero essere applicate alle attività Lean che vengono eseguite con successo prima dell'automazione. Sottolinea inoltre l'importanza di un flusso di informazioni efficace sia prima che

dopo l'implementazione di queste tecnologie. Molte aziende investono in questo campo e sono svariate le applicazioni in essere che verranno riportati in questa sezione.

Questa sezione esamina i sistemi esistenti in cui una specifica tecnologia Industry 4.0 e uno strumento Lean sono stati ibridati così come gli attuali sistemi commerciali o progetti reali in corso in questa disciplina. Questi sistemi integrati per lo più si avvantaggiano di varie tecnologie Industry 4.0 per digitalizzare efficacemente gli strumenti e le tecniche Lean.

La Value Stream Map dinamica

La mappatura tradizionale del flusso di valore, menzionata prima nel documento, è stata applicata ampiamente in una moltitudine di settori per molti anni. Tuttavia, diventa uno strumento problematico e complesso da usare in presenza di una personalizzazione e variabilità del prodotto molto alta, che è una situazione comune nei tempi moderni. Essendo uno strumento manuale non è totalmente adatto ad analizzare i flussi di valore delle moderne aziende, le quali devono validare molti scenari possibili (Abdoli, Kara, & Kornfeld, 2016). Pertanto, la simulazione ha recentemente iniziato ad essere implementata con la tradizionale value stream mapping, generando uno strumento molto più efficiente e flessibile chiamato "dynamic value stream mapping" (Chukukere, Castillo-Villar, & Wan, 2014).

La mappatura dinamica del flusso del valore, come il metodo tradizionale, fornisce un supporto per individuare tutte le attività lungo la linea di produzione che non aggiungono valore al prodotto finale (Cudney, Furterer, & Dietrich, 2013). Tuttavia, in questa versione evoluta, il software può simulare tutti i possibili scenari che la linea di produzione può incontrare, fornendo così molti più dettagli e informazioni rispetto alla mappatura del flusso di valore (Chukukere, Castillo-Villar, & Wan, 2014).

Questo è possibile perché un software di simulazione imita tutti i flussi all'interno del processo di produzione e costruisce un modello che permette al management di analizzare e capire come funzionano differenti scenari (Woehrle & Abou-Shady, 2010). Pertanto, questo è ovviamente un processo più veloce che riduce anche il verificarsi di errori umani. Con la mappatura dinamica del flusso del valore, non c'è più il rischio di applicare modifiche alla produzione che poi si rivelerà inefficiente e costoso da risolvere. Il software di simulazione è in grado di simulare e prevedere le conseguenze al cambiare dei parametri nella produzione (Antonelli & Stadnicka, 2018). Questo significa che la team responsabile può testare tutti i cambiamenti e le possibili nuove modifiche al modello del sistema esistente senza doverle eseguire fisicamente per verificarne il risultato, rendendo quindi il processo più semplice, facile e meno rischioso. Di conseguenza, attraverso questa simulazione approfondita dei vari scenari, è possibile fare vari paragoni e scegliere quali modifiche

devono essere implementate, riducendo così notevolmente il livello di incertezza nel prendere queste decisioni (Woehrle & Abou-Shady, 2010). In questa situazione, è molto più facile scegliere il miglior layout di produzione basato sulla situazione specifica dell'azienda.

Tuttavia, la mappatura dinamica del flusso del valore raggiunge la sua massima efficienza quando il software è in grado di ottenere automaticamente dati in tempo reale dal processo di produzione, attraverso l'uso di sensori dedicati (Buer, Strandhagen, & Chan, 2018). In questo modo, viene creato un sistema di gestione completamente automatizzato guidato dai dati, che può monitorare costantemente la produttività dell'impianto. Come risultato, gli operatori possono facilmente regolare il processo di produzione sulla base dell'output del software in tempo reale. Tuttavia, per ottenere questo sistema avanzato di supporto decisionale, è necessario un investimento maggiore per coprire il costo di sensori e altre attrezzature.

La mappatura dinamica del flusso del valore è uno strumento molto efficiente che può ridurre i rischi, le incertezze, e può essere utilizzato con successo in qualsiasi tipo di azienda manifatturiera, portando così tutti i vantaggi delineati sopra.

E-Kanban

Un altro risultato della fusione delle tecnologie della Lean Manufacturing e dell'industria 4.0 è la digitalizzazione del sistema Kanban tradizionale, che si chiama "e-Kanban" (Kolberg & Zuhlke, 2015). Con il sistema e-Kanban non è più necessario avere schede fisiche per informare il personale responsabile dell'approvvigionamento dei materiali su cosa è richiesto, la quantità e quale postazione. Infatti, un software può raccogliere e analizzare automaticamente queste informazioni e gestire direttamente le operazioni di rifornimento. La raccolta dei dati relativi alla quantità di materiali disponibili in ogni postazione di lavoro avviene tramite appositi sensori presenti in ogni contenitore Kanban, come mostrato in figura 15 (Kolberg & Zuhlke, 2015).

Questi sensori sono in grado di monitorare continuamente il livello di ogni contenitore e di informare il software centrale quando un contenitore sta finendo i pezzi. Successivamente il software attiva automaticamente l'ordine di riempimento del contenitore con l'esatta quantità richiesta (Buer, Strandhagen, & Chan, 2018).



Figura 15: SENSORE E-KANBAN IMPLEMENTATO IN UN CONTENITORE (WURTH INDUSTRIE, 2018).

Un importante vantaggio del sistema e-Kanban è il fatto che non esiste la possibilità di commettere errori umani. Per esempio, non è più possibile perdere una carta Kanban o fare errori di compilazione perché sono il software e i sensori a svolgere questo compito (Kolberg, Knobloch, & Zuhlke, 2017). Inoltre, essendo E-Kanban un sistema molto più affidabile e veloce, aumenta le prestazioni delle operazioni di approvvigionamento delle varie postazioni di lavoro, riducendo così il costo complessivo di questa attività (Kumar, Choe, & Venkataramani, 2012). Inoltre, è possibile conoscere tutte le informazioni sull'inventario in ogni momento, perché è costantemente monitorato in tempo reale.

Smart Jidoka

Come è stato spiegato in precedenza, Jidoka è uno strumento importante che mira ad aumentare l'automazione ed evitare gli errori che possono tipicamente verificarsi in un processo produttivo. L'introduzione dei CPS, attraverso l'avvento dell'Industria 4.0, ha rivisitato il modo in cui questo strumento viene utilizzato nella supervisione e nel controllo della produzione. Questo nuovo "smart Jidoka", basato su sistemi fisici cibernetici, utilizza sensori, controller, software e componenti IT per rilevare gli errori lungo la linea di produzione (Ma, Wang, & Zhao, 2017). Per questo motivo, gli smart Jidoka possono essere implementati in tutte le fasi della produzione che hanno maggiori probabilità di commettere errori e anomalie, portando così grandi benefici nel mantenimento di elevati standard qualitativi. Oltre a questo, gli smart Jidoka possono fornire supporto alle postazioni di lavoro con una componente significativa di lavoro manuale, attraverso l'uso di sistemi basati sulla realtà aumentata (Ma, Wang, & Zhao, 2017). La visione artificiale viene utilizzata per le attività di

controllo e supervisione per identificare eventuali deviazioni dai parametri di riferimento, al fine di garantire che ogni pezzo rientri nelle tolleranze stabilite (Perez, Rodriguez, Rodriguez, Usamentiaga, & Garcia, 2016). Inoltre, i sistemi visivi smart Jidoka possono essere utilizzati anche per supportare le operazioni del robot, come una precisa localizzazione dei pezzi (Wohler, 2009). Pertanto, i sistemi smart Jidoka facilitano un aumento dell'affidabilità e dell'agilità del processo di produzione, aumentandone così l'efficienza complessiva. Oltre a questo, l'utilizzo di CPS combinato con Jidoka, è un valido approccio economicamente efficiente dimostrato da molte aziende che lo hanno implementato negli ultimi anni e che hanno ottenuto notevoli benefici (Ma, Wang, & Zhao, 2017). La crescente competitività del settore manifatturiero rende lo smart Jidoka un valido strumento in grado di sfruttare le opportunità date dal CPS, per fornire un grande supporto nel mantenimento di elevati standard qualitativi, soprattutto in processi particolarmente complessi.

Just-In-Time 4.0

La produzione snella ha due pilastri principali come descritto da Ohno (1988), la consegna Just-in-time (JIT) e l'automazione. La consegna JIT denota un sistema di produzione in cui i materiali o i componenti sono consegnati immediatamente prima che siano richiesti al fine di minimizzare i costi di stoccaggio. I Cyber-Physical Systems (CPS) sono uno dei componenti chiave dell'Industria 4.0 che permette ai processi fisici di essere controllati da microcontrollori con interfacce di comunicazione e dispositivi di campo collegati con anelli di feedback in cui i processi fisici influenzano i tempi e i calcoli, e viceversa. Permette prodotti altamente personalizzati nella produzione di massa, poiché aggiunge modularità e modificabilità alla linea di produzione. In un'industria automobilistica che ha integrato la produzione snella, i CPS sono chiamati "cyber-physical Just-In-Time delivery", sistemi informatici progettati per supportare un flusso di materiale di produzione Lean (Wagner et al. 2017). L'automazione descrive il design della macchina in cui le macchine fanno compiti specifici che gli umani troverebbero difficili o ripetitivi, se qualsiasi anomalia viene rilevata dalle macchine, si fermeranno in modo che l'operatore possa indagare e risolvere la situazione che ha causato la condizione.

Un vantaggio dell'uso dell'automazione nella linea di produzione è che diminuisce significativamente il tasso di difettosità (Sullivan et al. 2002), che è uno dei rifiuti definiti da Ohno (1988). L'implementazione del CPS nella linea di produzione supporta l'automazione grazie alle macchine intelligenti. Nel frattempo, Hofmann e Rüsç (2017) hanno riferito che per quanto riguarda i sistemi JIT, l'uso crescente di Auto-ID e il sistema ERP virtuale che utilizza la tecnologia cloud o distributed ledger può ridurre gli effetti bullwhip e aprire la strada a catene di approvvigionamento altamente

trasparenti e integrate, nonché a miglioramenti nella pianificazione della produzione. Anche Şenkayas e Gürsoy (2018) hanno studiato il progetto di digitalizzazione che richiedeva l'installazione di un sistema di esecuzione e monitoraggio della produzione in un'azienda di produzione di cerchi che ha linee di produzione Lean e si sono resi conto che l'efficienza complessiva delle attrezzature è aumentata dal 75% al 91% .

Manutenzione Produttiva Totale 4.0

La Total Productive Maintenance (TPM) come delineato nel capitolo precedente è una strategia per l'ottimizzazione della manutenzione che mira ad ottenere un sistema con zero difetti, brevi arresti, tassi di produzione sub-ottimali, l'eliminazione dei tempi morti o incidenti, attraverso la minimizzazione di ogni tipo di perdita o inefficienza. Ci sono otto pilastri principali della TPM, vale a dire, manutenzione autonoma, manutenzione pianificata, gestione della qualità, miglioramento mirato, gestione delle nuove attrezzature, istruzione e formazione, sicurezza, salute e ambiente, e infine, ma non meno importante, amministrazione.

Turanoglu Bekar et al. (2018) hanno cercato risposte alla domanda "Quali tecnologie chiave dell'Industria 4.0 hanno i maggiori impatti statisticamente significativi sulla TPM" eseguendo un'analisi congiunta. Hanno trovato che i loro modelli erano statisticamente significativi per prevedere l'effetto dell'industria 4.0 sulla manutenzione totale della produzione, in particolare la simulazione, l'IoT e la produzione additiva. Con l'industria 4.0, la manutenzione predittiva per mezzo dell'apprendimento automatico può cambiare la tempistica della manutenzione pianificata per evitare i tempi morti.

L'industria 4.0 ha introdotto l'utilizzo dell'intelligenza artificiale negli stabilimenti di produzione. Raccogliendo una grande quantità di dati ed organizzandoli in maniera efficace è possibile tramite le tecniche di machine learning e l'intelligenza artificiale, essere rivelate le correlazioni tra le cause principali dei difetti e dei tempi di inattività. Per quanto riguarda la formazione del dipendente, la visualizzazione tramite il Digital Twin fornisce un'opportunità per il dipendente di acquisire maggiore familiarità con il prodotto, i processi e la produzione, dai componenti e le macchine alle linee di produzione. I sensori e i sistemi di rilevamento precoce possono aiutare a diminuire il rischio di lesioni e problemi di salute attraverso la misurazione della qualità dell'aria, delle radiazioni, della temperatura e di altre condizioni ambientali.

Applicazioni reali

Automazione a prova di errore:

Magna T.E.A.M. Systems fa largo uso della tecnologia dei codici a barre per eliminare l'errore umano e gli errori di produzione. Gli operatori scansionano i codici a barre avvolti intorno ai loro polsi per assicurarsi che stiano assemblando il prodotto corretto sulla linea di produzione ad alto mix. Tutti gli operatori usano i codici a barre per accedere alla loro postazione di lavoro, in modo da avere una registrazione di chi sta costruendo quale pezzo. Le istruzioni elettroniche visualizzate in ogni postazione di lavoro servono per la verifica degli errori e come aiuto visivo per gli operatori. A causa di tutte le particolarità dell'assemblaggio ad alto mix, gli assemblatori devono costantemente guardare lo schermo per assicurarsi che stiano usando il componente corretto, mentre costruiscono correttamente il prodotto e convalidano i valori di coppia tramite i sensori. Il funzionamento e il monitoraggio del controllo del processo nell'impianto Magna sono gestiti dal sistema MES. L'intero processo di sequenziamento è automatizzato, compreso tutto, dalla ricezione della trasmissione dell'ordine di costruzione alla spedizione della polizza di carico. Inoltre, gli strumenti di fissaggio elettrici, gli scanner di codici a barre e i tag RFID sono collegati al sistema per la verifica degli errori (Weber 2016).

Codice QR integrato nel sistema Milkrun:

Wittenstein AG e BIBA-Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH lavorano nel progetto CyProS, finanziato dallo stato, su un sistema flessibile di fornitura di materiale per le linee di produzione. Invece di intervalli fissi, un sistema informatico calcola gli intervalli di andata e ritorno per il sistema di trasporto in base alle richieste in tempo reale. Nel primo prototipo, la raccolta dei dati durante questo cosiddetto "milk run" avviene tramite la scansione di codici QR. L'interazione con i dipendenti del sistema di trasporto è realizzata da tablet PC convenzionali. Con questo sistema di fornitura, orientato all'ordine di materiale, i tratti di strada possono essere ridotti di circa il 25% restando con lo stesso livello di affidabilità del fornitore (Kolberg e Zühlke 2015).

Sistema di controllo orientato all'ordine(Pull): Uno Smart Product potrebbe contenere informazioni Kanban per controllare i processi di produzione. Un esempio di una produzione controllata completamente decentralizzata basata su Smart Products è stato dimostrato da SmartFactoryKL alla Hannover Messe 2014 in Germania. Le stazioni di lavoro presentate producevano autonomamente secondo un programma di lavoro sul prodotto. Anche se era una produzione controllata a spinta, questo concetto potrebbe essere adottato per un sistema di controllo orientato agli ordini (Kolberg e Zühlke 2015)

Postazioni di lavoro Plug'n'Produce: Industria 4.0 potrebbe inoltre supportare il requisito della Lean Production per una produzione flessibile e modulare. Da diversi anni SmartFactoryKL dimostra stazioni di lavoro modulari basate su interfacce fisiche e IT standardizzate, che possono essere riconfigurate in modo flessibile su nuove linee di produzione tramite Plug'n'Produce. Secondo il principio Single-Minute-exchange-of-Die (SMED), il tempo di allestimento dovrebbe essere ridotto a meno di dieci minuti. Plug'n'Produce trasferisce lo SMED da una singola stazione di lavoro a intere linee di produzione (Kolberg et al. 2016)

Manutenzione predittiva: Il monitoraggio delle condizioni, l'analisi dei dati e la predizione anticipata dei guasti aumentano il tempo di attività e l'efficacia complessiva delle attrezzature. A questo scopo, le pratiche di manutenzione predittiva negli impianti di produzione sono aumentate. Nell'industria del petrolio e del gas, dove le attrezzature si trovano in luoghi remoti, i campi petroliferi sono stati digitalizzati per mezzo di sensori. Il nome della piattaforma software è MAPR Distribution Including Hadoop®. In questa architettura, i dati raccolti dai sensori sono trasmessi al database delle serie temporali per mezzo di un servizio web. I dati nel database vengono analizzati per mezzo di algoritmi predittivi e quando viene rilevato un livello critico di misura, viene programmata la manutenzione. Inoltre, per qualsiasi impianto di produzione, i motori elettrici sono elementi essenziali, e sono principalmente influenzati dai guasti dei cuscinetti. I guasti dei cuscinetti possono essere rilevati in anticipo per mezzo di sensori che tengono traccia dell'andamento delle vibrazioni come una serie temporale. I livelli di allarme, avvertimento e guasto della velocità di vibrazione sono determinati in modo da prevedere e prevenire in anticipo il guasto dei componenti.

Conclusioni

Ne capitolo sono stati analizzati vari temi, tutti sotto la sfera delle informazioni, fonte primaria per lo scopo della tesi e per gli obiettivi perseguiti dalla Lean manufacturing. I sistemi informativi aziendali offrono la base di partenza e da i quali verranno estratti necessari allo scopo della tesi, la creazione di una Dashboard di KPI per la Lean.

Sono stati anche riportati ed analizzati i benefici che la Lean Manufacturing giova dalla combinazione con le tecnologie dell'Industria 4.0, per evidenziare come sempre sono le maggiori integrazioni e digitalizzazioni dei sistemi fisici.

Il tutto conduce al bisogno sempre maggiore delle imprese di sfruttare l'enorme quantità di dati a disposizione, generata e conservata nei sistemi sopra citati, per raggiungere gli obiettivi prefissati e apportare sempre maggior valore al prodotto, con il minimo spreco

CAPITOLO 3 – KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) PER LA GESTIONE DELLA LEAN PRODUCTION

Nei capitoli precedenti è stato per prima discusso e delineato il quadro teorico della Lean Production, i sistemi informativi a supporto e le nuove tecnologie che sono state introdotte dall'Industria 4.0 , questo per delineare la strada e offrire una più ampia comprensione allo scopo della tesi.

L'obiettivo di questo capitolo è quello di delineare quali sono i più frequenti KPI per il controllo del processo a cui vengono applicate le metodologie Lean e per il quale ne si vogliono misurare le performance.

Come discusso nel primo capitolo il Lean Management è un metodo di gestione aziendale molto efficace e tante sono le aziende che lo utilizzano, ottenendo performance eccellenti. Il LM è un metodo di gestione customer centric il quale punta ad ottenere il massimo valore per il cliente eliminando gli sprechi, motivando il personale sulla strada del miglioramento continuo(J. Tupa(2014)).

Importante è il focus sulle performance della gestione del processo, le quali ad oggi sono un punto di attenzione per chi implementa una gestione efficace della Lean. Il controllo delle prestazioni e le sue tecniche e strumenti sono vitali per il processo di continuo miglioramento intrapreso da una azienda Lean.

Gli articoli che sono rilasciati dalla comunità scientifica propongono un'integrazione delle metriche di valutazione Lean nelle metriche di management dell'azienda. La misurazione delle prestazioni è un importante strumento diagnostico e le metriche Lean dovrebbero essere integrate nella misurazione delle prestazioni di un'azienda(H. Cortes, 2016). Inoltre, integrare le metriche Lean nelle decisioni strategiche fornisce riscontri ai manager e presenta informazioni che possono essere utilizzate per la pianificazione, il monitoraggio e il miglioramento della strategia aziendale (J. Tupa(2014)).

Nel loro articolo E. Mohamad, R. Abdullah, Wan Mahmood dimostrano l'importanza dell'implementazione di un set di KPI per la valutazione ed il tracciamento delle performance dei vari strumenti Lean applicati ad un progetto. Inoltre, è importante misurare le performance dell'applicazione della Lean per capire quali sono le migliori strategie da utilizzare per il raggiungimento del massimo beneficio della metodologia e degli investimenti.

3.1 Le metriche Lean

Le metriche possono essere definite come indici di misurazione delle performance (KPI). Questi indicatori sono dagli obiettivi della strategia aziendale e vengono impiegati per monitorare il raggiungimento degli obiettivi della strategia. Le metriche Lean vengono definiti da molti articoli scientifici (e.g., Andreeva, 2009; Krichbaum, 2012; Reagan, 2012). Le metriche Lean dovrebbero essere basate su una strategia di produzione secondo i principi Lean:

- tempi di set-up ridotti
- programmi di miglioramento continuo
- sistema di produzione pull
- tempi di consegna più brevi
- lotti di dimensioni inferiori.

Per essere metriche efficaci nella valutazione delle performance e quindi nel guidare le scelte del management è necessario che vengano scelte le metriche secondo il criterio S.M.A.R.T., gli indici di performance devono essere definiti come:

- Specifici
- Misurabili
- Attendibile
- Rilevanti
- Time related

Inoltre, è rilevante anche il sistema di raccolta dei dati per il calcolo delle metriche, quest'ultimo deve essere strutturato in modo da essere allineato agli obiettivi della Lean ed avere come scopo principale quello di servire il Management Lean. (J. Tupa, 2014)

3.2 I criteri di misurazione delle performance

I sistemi Lean Manufacturing hanno applicazione in molti settori, queste moltitudini di applicazioni porta a domandarsi quali siano i criteri da prendere in considerazione durante il processo di misurazione delle performance della LM. Nella letteratura scientifica gli autori hanno definito diversi criteri secondo cui le performance della Lean possono essere misurate, ma negli articoli non si trovano limitazioni alla scelta di determinati criteri piuttosto che altri, tutto dipende dal tipo di industria.

I principali tipi di indicatori di prestazione Lean possono essere suddivisi in tre gruppi (J. Tupa, 2014):

- KPI relativi al tempo (ad esempio, tempi di throughput, tempi di elaborazione, frequenze)
- KPI relativi ai costi (ad esempio, costi/tariffe di processo sulla base dello standard di prestazione)
- KPI relativi alla qualità (ad esempio, numero di processori, tassi di errore, affidabilità delle scadenze).

Le metriche di misurazione delle performance vengono scelte in base alle strategie aziendali e per questo nell'applicare gli strumenti e metodi Lean, l'obiettivo primario, è quello dell'eliminazione degli sprechi. Uno studio di Pakdil and Leonard (2014) definisce la classificazione dei KPI in base agli aspetti fondamentali della Lean, gli sprechi, arrivando a coprire l'intero processo di produzione (Tabella 1).

In un articolo di H. Cortes e J. Daadoul(2016) sono definiti gli step per inquadrare un modello per l'implementazione del processo di misurazione delle prestazioni dei sistemi Lean. Il modello propone sette step, partendo dalla definizione della mission e vision del management, fino ad arrivare alla definizione del modello per misurare i miglioramenti delle prestazioni.

Il modello si fonda sul ciclo DMAIC focalizzato sul miglioramento continuo e prevede una infrastruttura che permette la raccolta dei dati dai vari sistemi. Gli step per la definizione dei KPI e l'allineamento con la strategia di management sono (H. Cortes e J. Daadoul(2016)):

1. Definizione della Vision & Mission del management della produzione
2. Definizione delle richieste del Management
3. Definizione della mappatura dei KPI
4. Definizione di come, quando e dove i dati di Prodotti, Processi e Risorse (PPR) sono forniti da sensori, sistemi informativi, simulazioni, sondaggi, ecc.
5. Scelta dei KPI che saranno migliorati tramite l'implementazione della Lean Manufacturing
6. Allineamento tra KPI e Lean Waste
7. Definizione del calcolo dei miglioramenti del processo

La metodologia proposta si pone l'obbiettivo di ottenere una misurazione delle performance allineata alle strategie del management ed in linea con gli obiettivi Lean.

TABELLA 1: KPI LEAN

Sprechi Lean	Definizione	KPI	Definizione Formula	Parametri
Difetti(scarti)	Qualsiasi prodotto non accettabile dal cliente. Il trasporto e la rilavorazione dei pezzi difettosi sono considerati (Gopinath, 2012)	$\sum_{processi} \frac{D_i}{P}$	Scarti del processo i	S_i : Scarti dal processo i P: unità totali prodotte
Difetti(Rework)	I prodotti finiti/semilavorati che non rispettano le specifiche	$\sum_{processi} \frac{R_i}{P}$	Rilavorazioni del processo i	R_i : Rilavorazioni dal processo i P: unità totali prodotte
Sovraproduzione	Produzione al di sopra della domanda, assorbita dal magazzino prodotti finiti (Gopinath, 2012)	$\frac{1}{T} \int FI dt$	inventario di prodotti finiti nel tempo	T: Orizzonte temporale FI: Scorte prodotti finiti
Movimenti	Movimenti degli operatori tra le stazioni (Gopinath, 2012)	$\frac{T_m}{T}$	Percentuale di tempo speso in spostamenti	T: Orizzonte temporale T_m : Tempo speso in movimenti
Trasporti	Trasporti tra i magazzini (Gopinath, 2012)	$\frac{FT_t}{T}$	Percentuale di tempo speso in spostamenti	T: Orizzonte temporale F_t : Frequenza trasporto T_t : Tempo trasporto
Attese (cliente)	Qualsiasi risorsa in attesa durante le ore di produzione. Include anche il sovraccarico degli impiegati o macchinari, in modo da evidenziare lo spreco Muri. (Gopinath, 2012)	$\frac{T_w}{T}$	Percentuale di tempo in attesa	T: Orizzonte temporale T_w : Tempo in attesa
Attese(materiale WIP)	Qualsiasi risorsa in attesa durante le ore di produzione. Include anche il sovraccarico degli impiegati o macchinari, in modo da evidenziare lo spreco Muri. (Gopinath, 2012)	$\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} WQ_i$	tempo speso in attesa	N: Pezzi in coda WQ_i : Tempo attesa in coda i-sima parte
Attese (macchine)	Qualsiasi risorsa in attesa durante le ore di produzione. Include anche il sovraccarico degli impiegati o macchinari, in modo da evidenziare lo spreco Muri. (Gopinath, 2012)	$1 - \frac{\sum (processi) TR_i}{nT}$	Percentuale di tempo in attesa	N: Pezzi in coda WQ_i : Tempo attesa in coda i-sima parte
Attese (operatori)	Qualsiasi risorsa in attesa durante le ore di produzione. Include anche il sovraccarico degli impiegati o macchinari, in modo da evidenziare lo spreco Muri. (Gopinath, 2012)	$1 - \left(\frac{T_w + T_m}{nT}\right)$	Percentuale di saturazione degli operatori	T: Orizzonte temporale TR_i : Tempo di processo i-simo n :numero di macchine, buffer o operai
Scorte (Magazzino)	Materiale grezzo in magazzino	$\int_0^T WH dt$	Invetario di semilavorati nel tempo	T: Orizzonte temporale WH: Inventario di magazzino
Scorte (WIP)	Semilavorati in magazzino	$\sum_{i=1}^T \int_0^T WIP_i dt$	Inventari di prodotti in lavorazione nel tempo	T: Orizzonte temporale
Overprossesing (capacità)	Processare più del minimo necessario per la trasformazione del materiale		Capacità di processo Cp	
Overprocessing (performance)	OEE misura il livello di efficienza delle macchine e della produzione. Identifica gli elementi di perdita di efficienza come i 6 sprechi Lean, i fermi macchi e difetti.		OEE (Overall Equipment effectiveness)	
Irregolarità (Mura)	Si riferisce allo spreco Lean della non regolarità dei volumi di produzione (pienkoswki M., 2014)		Takt time / Tempo ciclo	
Talento non utilizzato	Denvir e McMaho (1992) definiscono come " il movimento del personale assunto da dentro a fuori l'organizzazione)		Turnover dei dipendenti	
Talento non utilizzato			Tasso di assenteismo	

3.3 Analisi dei KPI più frequenti nell'applicazione della Lean

Le metriche di misurazione delle performance nella Lean hanno un ruolo fondamentale nel processo di miglioramento continuo. I KPI però devono essere scelti accuratamente per essere allineati alla strategia di management.

In questo capitolo si analizzano diversi articoli scientifici provenienti da vari database, la ricerca è volta definire quali sono i più frequenti KPI utilizzati nell'implementazione della Lean, quali di essi hanno avuto maggiore impatto.

Nella ricerca sono state seguite le seguenti fasi:

1. Ricerca degli articoli – si è definita una lista di articoli interessanti per la ricerca
2. Selezione e pulizia dei dati – si è definita una lista dei KPI utilizzati nei vari articoli
3. Classificazione tramite diagramma di Pareto – si è definita la frequenza di utilizzo e quindi effettuata una analisi di Pareto per capire quali sono i KPI più frequentemente utilizzati
4. Selezione dei KPI – si sono selezionati i KPI da utilizzare secondo il criterio descritto nella sezione dedicata.
5. Analisi del miglioramento tramite i KPI – si sono analizzati i risultati ottenuti nei vari articoli e casi studi, nei quali è stato evidenziato un miglioramento delle performance utilizzando i KPI selezionati

Fase 1: Ricerca degli articoli

Durante questa fase sono stati selezionati ricercati e selezionati gli articoli scientifici interessanti per l'analisi. Il risultato è un totale di 54 articoli selezionati da diversi autori. Sono stati poi eliminati gli articoli ripetuti i quali trattavo gli stessi argomenti. Nell' APPENDICE 1 è possibile trovare la lista degli articoli selezionati corrispondenti al relativo TAG.

Gli articoli sono stati divisi in due categorie: articoli teorici e casi studio, i TAG assegnati ad ogni articolo corrispondono alla lettera A per gli articoli teorici e con la lettera C i casi studio. Le ricerche sono state eseguiti su diversi database di articoli scientifici secondo le chiavi di ricerca descritte sotto:

- Paramenti Lean Manufacturing
- Parametri Lean
- Indicatori Lean
- KPI Lean

Fase 2: Selezione e pulizia dei dati

Sono stati selezionati dagli articoli un totale di 77 KPI. Gli indicatori selezionati sono stati accorpato in base al loro significato pin modo da avere valori univoci e senza ripetizioni. Si è ottenuta una lista di 39 KPI univoci; questo numero dimostra come sia vasto il panorama di scelte di indicatori di performance che seno stati utilizzati nell'applicazione della misurazione delle performance della LM.

I dati sono stati accorpati e puliti secondo il seguente criterio:

- Il nome dell'indicatore di performance citato nell'articolo è diverso da altri nomi ma si riferiscono allo stesso concetto: (es. WIP: Work in progress Intermediate parts Semifinal product)

Nella Tabella 2 vengono riportati i KPI estratti dai corrispondenti articoli scientifici:

KPI	A1	A2	A3	C4	A5	A6	C7	A8	C9	C10	C11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	C21	A22	
WIP	x	x	x			x					x		x	x	x			x	x	x		x	
Lead time	x	x	x	x			x	x								x	x	x				x	x
Inventory		x	x	x	x		x	x										x					x
Cycle time		x	x		x	x					x	x	x			x	x			x	x		
VAT	x	x	x	x			x													x			
Defects											x		x			x						x	
Changeover						x		x						x	x	x							
Manpower					x	x						x											x
Throughput		x	x		x							x											
Takt time		x	x														x				x		
Flexibility							x								x							x	
Shop floor area								x								x							
Total distance			x							x	x												
On time delivery											x					x							
Process ratio		x	x																				
Uptime											x		x										
On time in-full potential							x						x										
Equipment utilization					x																		
System flow time								x															
OEE									x														
NVA																							
Machine Cost												x											
First pass correct output																							
Idle time													x										
Line capacity																x							
Processing time																							x
Lean rate (VA/lead time)																			x				
Cycle efficiency																					x		
Total breakdown time																	x						
Shoop floor area																	x						
Productivity (per man hour)																	x						
Total factory cost per piece																	x						
Number of lateness jobs					x																		
VA/NVA ratio										x													
Manufacturing time													x										
KANBAN control																x							
Flow degree									x														
Number of NVA motions											x												
EPEI										x													
Total effectiveness											x												
Total efficiency											x												

Tabella 2: lista dei KPI per articolo

Fase 3: Classificazione tramite diagramma di Pareto

In questa fase i KPI selezionati precedentemente vengono classificati in base alla loro frequenza con un diagramma di Pareto. Questo permette di analizzare e mostrare nel miglior modo la frequenza di

una serie di dati. Inoltre, è stato utilizzato il diagramma di Pareto per definire chiaramente quali sono i KPI più frequentemente utilizzati negli articoli. La regola alla base dell'analisi di Pareto è quella del 80/20 la quale viene applicata sulla frequenza assoluta con cui gli indicatori compaiono nelle ricerche scientifiche.

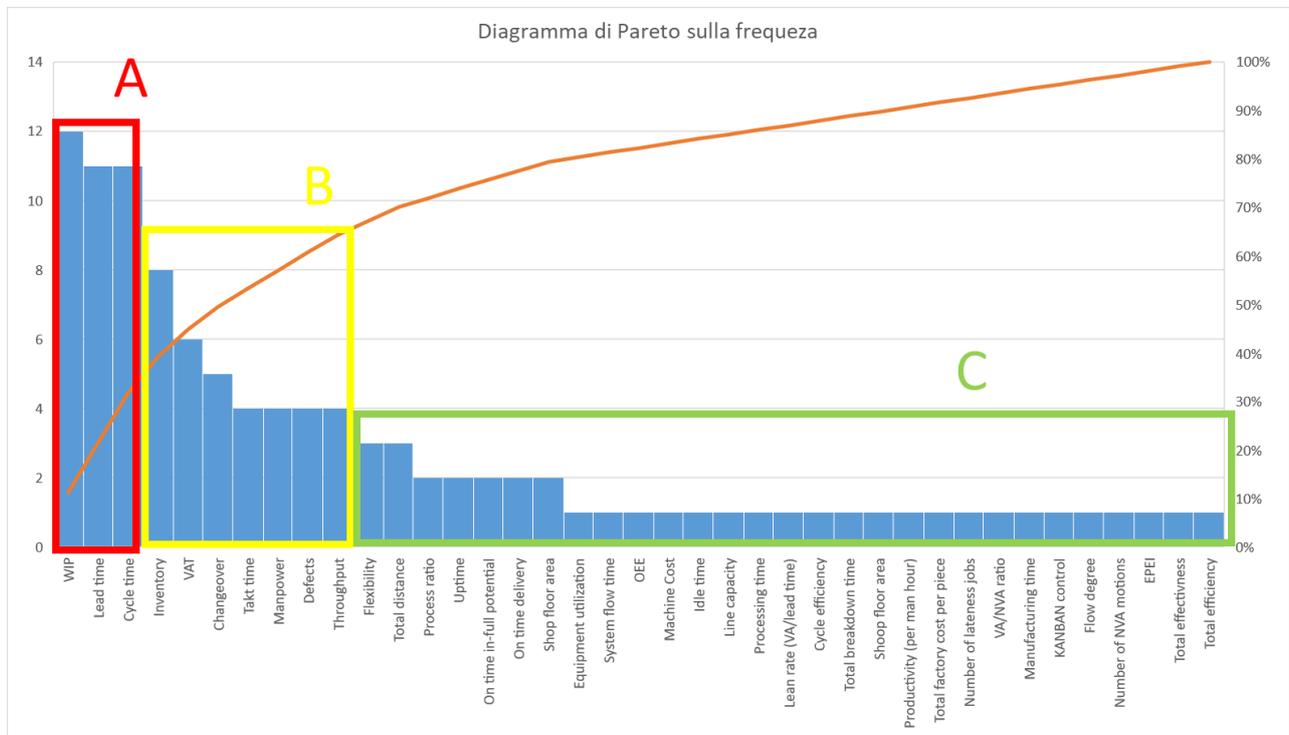


Figura 16: Diagramma di Pareto per classificazione dei KPI

Fase 4: Selezione dei KPI

La selezione dei KPI è supportata da un metodo statistico come il diagramma di Pareto, il quale permette di individuare gli indicatori più utilizzati in base alla frequenza in cui sono stati riscontrati negli articoli.

Analizzando il diagramma di Pareto è possibile osservare che i 3 KPI che sono presenti nell'80% delle ricerche sono:

- WIP
- Lead Time
- Cycle Time

La scelta dei tre KPI descritti sopra è stata fatta per condurre ulteriori analisi. Si ritiene quindi necessario utilizzare delle logiche di classificazione dei KPI analizzati secondo alcuni criteri per permetterne una selezione finale accurata:

1. I KPI con le righe evidenziate in giallo sono stati scelti perché hanno la frequenza più alta ed inoltre appartengono alla classe A dell'analisi di Pareto.
2. I KPI sono stati classificati secondo dei cerchi colorati, verranno selezionati per l'analisi finale solo i KPI con il cerchio pieno o colorato per metà in base alla loro rilevanza negli articoli.
3. Le barre verdi rappresentano la frequenza assoluta, per questo verranno selezionati solo i KPI che hanno frequenza assoluta in accordo con i due metodo di selezione precedenti.

La lista finale dei KPI selezionati secondo le logiche sopra descritte è la seguente:

- WIP
- LEAD TIME
- CYCLE TIME
- INVENTORY
- VAT

Tabella 3: Classificazione dei KPI per frequenza e classe ABC

KPI	FREQUENZA	%TOT	%CUMULATA	Classe ABC
WIP	12	11	11	A
Lead time	11	10	21	A
Cycle time	11	10	32	A
Inventory	8	7	39	A
VAT	6	6	45	B
Changeover	5	5	50	B
Takt time	4	4	53	B
Manpower	4	4	57	B
Defects	4	4	61	B
Throughput	4	4	64	B
Flexibility	3	3	67	C
Total distance	3	3	70	C
Process ratio	2	2	72	C
Uptime	2	2	74	C
On time in-full potential	2	2	76	C
On time delivery	2	2	78	C
Shop floor area	2	2	79	C
Equipment utilization	1	1	80	C
System flow time	1	1	81	C
OEE	1	1	82	C
Machine Cost	1	1	83	C
Idle time	1	1	84	C
Line capacity	1	1	85	C
Processing time	1	1	86	C
Lean rate (VA/lead time)	1	1	87	C
Cycle efficiency	1	1	88	C
Total breakdown time	1	1	89	C
Shoop floor area	1	1	90	C
Productivity (per man hour)	1	1	91	C
Total factory cost per piece	1	1	92	C
Number of lateness jobs	1	1	93	C
VA/NVA ratio	1	1	93	C
Manufacturing time	1	1	94	C
KANBAN control	1	1	95	C
Flow degree	1	1	96	C
Number of NVA motions	1	1	97	C
EPEI	1	1	98	C
Total effectivness	1	1	99	C
Total efficiency	1	1	100	C

Fase 5: I risultati ottenuti con i KPI selezionati

Nella fase attuale si analizzano i benefici, dell'utilizzo dei KPI selezionati nella fase precedente, durante l'applicazione della Lean nei vari articoli e casi studio presi in esame. Nella tabella 4 vengono rappresentati i miglioramenti nel valore dei KPI negli articoli in questione.

Questo permette di capire quali sono gli impatti che i vari metodi della Lean, descritti nelle sezioni precedenti, producono sugli indici di prestazione e come è fondamentale l'utilizzo degli indici di prestazione per valutare lo stato di maturità di un sistema Lean.

Nella Tabella 4 vengono descritti i risultati dell'analisi. Viene utilizzata una scala di colori per identificare con il colore Verde più acceso il KPI con l'impatto maggiore ed il KPI con il colore meno acceso quello con l'impatto minore.

Tabella 4: Miglioramento delle prestazioni misurato nei KPI

ARTICOLI / KPI	VAT	WIP	Lead Time	Inventory	Cycle time
A 1	2	0,9	0,7		
A 2	0,02	0,45	0,6	0,6	0,2
A 3	0,33	0,74	0,67	0,8	0
C 4	NV		NV	NV	
A 5				0,25	0,41
A 6		0,82			0,3
C 7	NV		NV	NV	
A 8			0,86	0,1	
A 9				NV	
C 10			NV	NV	
C 11		0,1	0,06		0,02
A 12					0,41
A 13		0,01			0,03
A 14		NV			
A 15		NV			
C 16			0,84	NV	0,16
A 17			0,09		0,11
A 18		0,15	0,1	0,5	
A 19	0,89	0,3			0,3
A 20		NV			NV
C 21			NV		
A 22		0,97	0,92	0,97	
media miglioramento	0,54	0,37	0,32	0,27	0,16

NV : Indicatore non valutabile

Il risultato chiave dell'analisi di questo capitolo è presentato nella tabella sopra. Sono raccolti i KPI più frequentemente utilizzati nell'applicare le metodologie Lean e permettono di seguire il miglioramento delle prestazioni dei sistemi.

Come si vede nella tabella, il miglioramento medio che si ottiene nell'applicazione degli strumenti Lean è sul KPI del VAT (Value added Time), che in media viene migliorato del 54%. Questo dimostra come l'obiettivo fondamentale della Lean è quello di ridurre il tempo a non valore aggiunto, ed infatti è importante monitorare le prestazioni delle operazioni sotto la lente dell'indice di prestazione del tempo a valore aggiunto.

Altri due indicatori di prestazione da tenere in considerazione per il monitoraggio ed il miglioramento continuo sono il WIP ed il cycle time. Come evidenziato nell'analisi è importante utilizzare questi indicatori in una strategia di management della Lean data la loro rilevanza negli studi e la capacità di misurare i miglioramenti delle performance Lean.

Nell'analisi è emerso come nella gestione della Lean vengono utilizzati numerosi indicatori di performance a conferma della vasta applicazione che gli strumenti Lean hanno nei processi aziendali.

Lo scopo dell'analisi è quello di trovare degli indicatori di performance comuni tra le varie applicazioni in modo da avere una base di partenza per gli sviluppi del capitolo seguente, ma di certo non possono essere definiti gli indicatori adatti per qualsiasi azienda e strategia di gestione Lean. Come si evince dalla revisione degli articoli, i KPI utilizzati possono essere diversi da azienda e settore ma anche diversi tra reparti della stessa azienda.

I risultati ottenuti da questa analisi indicano quali sono gli indicatori di prestazione più utilizzati nell'implementazione della Lean e quali di essi vengono maggiormente impattati. Il prossimo capitolo si propone di visualizzare i risultati ottenuti, quindi i KPI rilevanti e più frequenti nell'implementazione Lean, in Dashboard a supporto del Management Lean.

CAPITOLO 4: SISTEMI DI VISUALIZZAZIONE DELLE PERFORMANCE IN REAL TIME: DEFINIRE I PASSI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI UNA DASHBOARD PER IL MANAGEMENT LEAN

Nei capitoli precedenti sono stati analizzati i metodi e gli strumenti della Lean Manufacturing tramite i quali molte aziende riescono ad ottimizzare la produzione e l'efficienza degli stabilimenti produttivi. Le tecnologie di supporto della Lean come quelle dell'Industria 4.0 ed i sistemi informativi permettono di superare le barriere ed i limiti dei metodi della Lean ed offrono uno slancio al miglioramento continuo.

Per monitorare le performance dei sistemi di produzione a cui vengono applicate le metodologie Lean e offrire un supporto alle decisioni strategiche vengono spesso utilizzati KPI, i quali permettono di racchiudere facilmente i dati, raccolti nei reparti di produzione, in indicatori numerici facilmente confrontabili e sui quali si possono basare le decisioni del management.

Le informazioni racchiuse nei KPI devono essere sfruttate al meglio, estraendone il maggior valore possibile. Per questo è importante la velocità con cui questi dati vengono raccolti, organizzati e fruiti ai livelli più alti delle organizzazioni, senza aumentare l'effort.

Per permettere questa rapida fruizione dei dati, sempre mantenendo l'integrità di essi, vengono usati software che permettono di estrarre i dati dai vari sistemi informativi aziendali, aggregandoli in strutture dati più semplici, di facile visualizzazione e con le informazioni più pulite possibili.

Come output finale di questo processo vengono create le Dashboard, visualizzazioni aggregate dei dati tramite grafici e rappresentazioni visuali, facili da interpretare a tutti i livelli aziendali. Questo processo può essere racchiuso nella metodologia di gestione Lean del Visual Management, la quale tramite stimoli visivi mira a migliorare le performance aziendali (N. K. Shimbun, 1995).

4.1 Visual Management

Il Visual Management è un sistema di gestione aziendale, il quale mira all'ottimizzazione delle performance di una organizzazione aziendale tramite stimoli visuali. Gli stimoli visuali comunicano informazioni importanti riguardanti l'azienda tramite la rappresentazione visuale dei dati, aiutando a convogliare informazioni rilevanti, facili da comprendere e pertinenti al contesto aziendale a tutti i

livelli dell'organizzazione. Questa metodologia di management basa le decisioni e le azioni, necessarie per raggiungere gli obiettivi prefissati, sulle informazioni che vengono presentate, in modo da avere trasparenza nel processo organizzativo (M. Angelini, N. Ferro, 2014). Kattman (2012) nel suo studio ha esposto alcune pratiche che fanno parte della metodologia del visual work place tra le quali ci sono le Dashboard manuali o digitali.

La Dashboard può essere definita come uno strumento interattivo e visuale di gestione delle prestazioni, la quale mostra le informazioni più rilevanti per raggiungere gli obiettivi aziendali. Questo strumento aiuta gli utenti ad identificare, esplorare e comunicare quali sono le aree aziendali o della linea di produzione sulle quali è necessario intervenire per raggiungere gli obiettivi prefissati (Yigitbasioglu OM, Velcu O., 2012).

Pawels associa svariati scopi alle Dashboard come il monitoraggio, la pianificazione e la comunicazione. Il monitoraggio viene identificato nel processo di analisi delle performance, tramite la valutazione degli indicatori, nel quale verranno poi decise le azioni correttive, laddove fossero necessarie. La pianificazione tramite le Dashboard si riferisce al processo strategico di identificazione delle strategie per il futuro. La comunicazione si riferisce al processo di report delle informazioni rilevanti per gli stakeholders. (Pauwels K, Ambler T, 2009).

Bititci classifica le Dashboard a seconda del livello aziendale, infatti in base al livello a cui esse devono essere rivolte (strategico o operativo), devono contenere informazioni diverse e adatte agli scopi del processo decisionale. Un'altra classificazione può essere fatta sul tema il quale secondo Bititci può essere di due tipi: di pianificazione e di progresso dello stato di avanzamento dei progetti (Bititci U, Cocca P, 2016).

4.2 La struttura piramidale delle informazioni

Nei capitoli precedenti si è illustrato come i sistemi informativi aziendali e le tecnologie dell'Industria 4.0 interagiscono con la Lean ed entrano a far parte nella struttura aziendale. Sempre maggiore è l'utilizzo di tecnologie come IoT, machine learning e l'intelligenza artificiale per amplificare la comunicazione machine-to-machine nell'area operativa delle aziende. Per questo è stata sviluppata una architettura piramidale per definire come le varie tecnologie ed i sistemi informativi ed i vari livelli del management interagiscono tra di loro durante il processo di produzione.

Nella Figura 17 viene mostrata l'architettura a piramide dell'automazione ed i suoi livelli di Management secondo il modello definito da LP Steenkampa e D Hagedorn-Hansenb (2016).

La scomposizione della piramide dell'automazione si sviluppa su tre livelli di gestione ovvero l'Enterprise Resource Planning (ERP) che fornisce il livello del Management strategico, il Manufacturing Execution System (MES) il quale è a supporto del livello tattico. Il livello più basso, quello operativo, dove si trovano le macchine ed i sensori da cui vengono raccolti i dati. La piramide dell'automazione è un esempio di modalità con cui i dati raccolti fluiscono e con l'elaborazione diventano informazioni preziose che promuovono un migliore processo decisionale e gestione delle risorse.

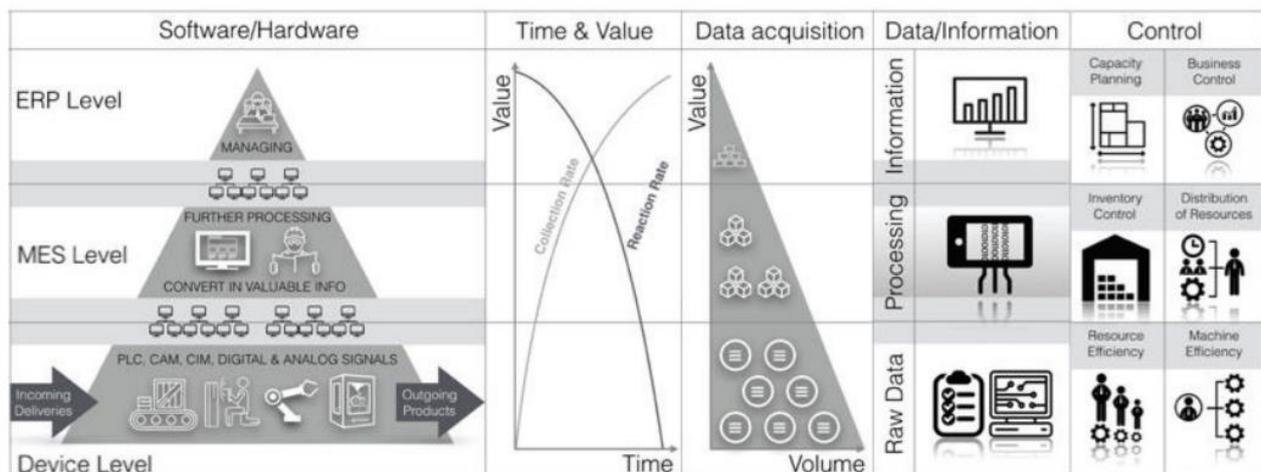


Figura 17: Struttura piramidale dell'automazione (LP Steenkamp 2017)

Come si vede nella Figura 17 le informazioni fluiscono dal livello più basso a quello più alto tramite le infrastrutture IT. Il confronto tra la quantità di dati raccolta su ogni livello e la velocità di reazione ottenibile sulle informazioni elaborate mostra come, maggiore è la velocità con cui le informazioni vengono elaborate su livelli più bassi e migliore è la risposta alle modifiche necessarie per perseguire miglioramento dei processi. Per questo motivo in base alla relazione tra il tasso di processamento delle informazioni ed il tasso di reazione si può ipotizzare che, se correttamente implementato, il visual management può portare ad un miglioramento dei sistemi di produzione con una maggiore velocità nel raggiungere gli obiettivi del Lean Management. (V. Mabert and A. Jacobs, 1991).

4.3 Definizione dell'infrastruttura Software e Hardware

Nella Lean Manufacturing, come delineato nei capitoli precedenti, sono molti trend tecnologici e metodologici che ne stanno permettendo l'estensione delle barriere di ottimizzazione. Un nuovo trend disruptivo è la Business intelligence self-service. L'analisi dei dati atta alla creazione di report o

Dashboard a supporto delle decisioni di business. Molte sono le aziende che nell'ultimo decennio stanno adottando software come Tableau, Quick Sens, Microsoft Power BI e IBM Watson Analytics. (Dinsmore, 2016, Alpar and Schulz, 2016). Tra i sopra citati software Microsoft si posiziona come il leader nel mercato per la visione completa del prodotto e le capacità di manipolazione delle informazioni.

Il vero vantaggio di utilizzare il Visual Analytics è quello di avere un sempre ed in maniera rapida informazioni aggiornate e facilitare il processo decisionale. Infatti, ad oggi la metodologia del Visual management viene integrata con tool di Visual Analytics i quali posso aggiornare le informazioni in tempo reale, interrogando vari database con query facilmente modificabili e con il minor sforzo in termini di manipolazione dei dati.

Il processo di visualizzazione dei dati deve essere supportato da una infrastruttura software e hardware che permetta l'integrazione dei vari sistemi e che garantisca l'integrità delle informazioni. Un esempio di architettura software si può trovare nella ricerca di Unver (2012). L'autore nel suo studio ha definito un framework per l'implementazione di un sistema di raccolta dati dai real-time dai reparti di produzione a servizio di un software per il reporting tramite Dashboard.

Il sistema MOC sviluppato da Unver permette di convertire i dati real-time provenienti dai reparti di produzione in eventi di business, aggregando questi eventi con dati di contesto acquisiti dal Sistema ERP, è in grado di generare KPI rappresentati in Dashboard e fruibili a tutti i livelli dell'organizzazione (Figura 18). Una funzione molto importante del sistema di Unver è la capacità di drill-down, la quale permette ad i diversi livelli organizzativi di ricercare la causa radice dei problemi, disaggregando gli indici di prestazione, fino al livello della singola macchina. Il sistema MOC include Dashboard di visualizzazione delle prestazioni delle linee e della TPM (Total Productive Maintenance). Una versione commerciale del MOC è offerta da Oracle BI Enterprise Edition (OBIEE). In via di sviluppo è l'aggiunta di altri importanti metriche di controllo della Lean come il WIP ed il Lead Time. (S. Lizotte-Latendresse, Y. Beauregard, 2018).

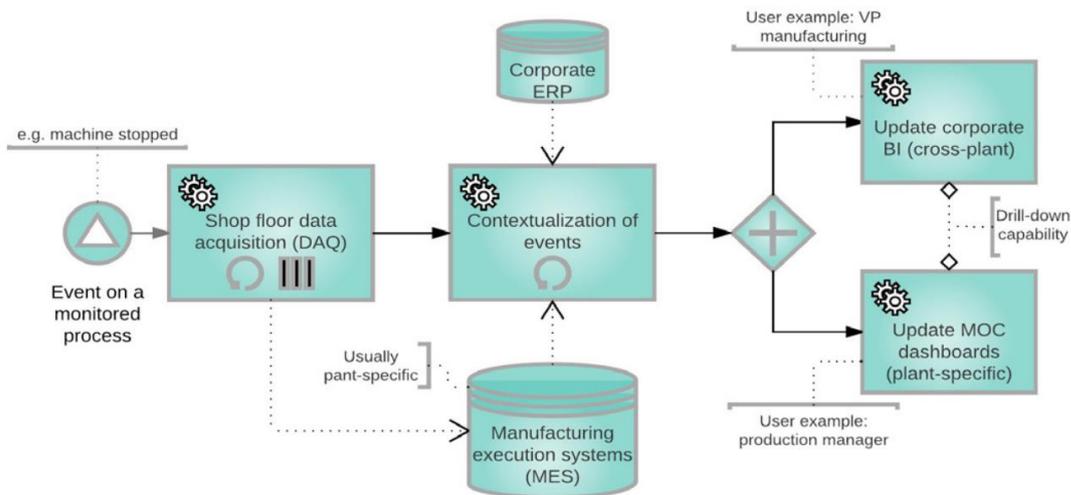


Figura 188: Architettura sistema MOC di Unver (2012)

Nella Figura 18 viene mostrata l'integrazione dei dati provenienti dal MES, ERP e reparti produttivi a supporto delle Dashboard, le quali vengono diversificate in base all'utente finale. Questa architettura inoltre è stata sviluppata in conformità alle linee guida della Società Internazionale dell'Automazione ISA-95. Per questo motivo può essere presa come base per futuri sviluppi nel campo della self Visual Management.

4.4 Il controllo delle prestazioni tramite il Framework Lean-Six-Sigma(LSS)

Il controllo delle prestazioni Lean, come discusso nei capitoli precedenti, può avvenire tramite la misurazione di dati raccolti dai vari reparti di produzione, con l'obiettivo di instaurare un set di indici di prestazione. La visualizzazione degli indici designati come strumento di controllo delle prestazioni, secondo la metodologia del Visual Management, può avvenire nelle Dashboard, le quali devono essere progettate in linea con le richieste del Management.

Questo tipo di approccio è stato sviluppato con l'integrazione delle metodologie e degli strumenti Lean in simbiosi con i metodi del Six-sigma. Il framework chiamato Lean-Six-Sigma (LSS) utilizza i metodi di miglioramento dei processi della Lean uniti ad i metodi di controllo statistico del processo del Six-Sigma, con un processo iterativo di Management, il ciclo DMAIC.

Il framework proposto da H. Cortes (2016) LSS si pone l'obiettivo di misurare le performance Lean tramite indicatori di performance (KPI), per l'implementazione delle metodologie della Lean. Nel Framework vi è coinvolta l'intera organizzazione aziendale e ed i sistemi informativi MES – ERP per la raccolta di informazioni sufficienti al controllo del processo. I dati raccolti automaticamente dai

sistemi MES e ERP sono combinati: dall'ERP vengono raccolti i dati di pianificazione, schedulazione e stock; Dal MES i dati degli eventi di produzione e lo stato di essa.

Parte fondamentale del Framework è lo sviluppo delle Dashboard per il controllo del processo, le quali prendono parte al ciclo di miglioramento continuo DMAIC nella fase ultima, quella appunto del controllo. Per sviluppare quindi un efficace metodo di implementazione della Lean secondo il Visual Management è importante instaurare una iterazione dei passi del LSS.

Il primo passo(DEFINE) per l'implementazione del Framework è quello della definizione dei KPI, scelti dai vari livelli del Management, in base agli obiettivi strategici di ogni livello dell'organizzazione: Strategico, tattico, operativo.

Il secondo (MESURE) prevede la raccolta, in maniera automatica ed in tempo reale, dai Sistemi MES – ERP dei dati necessari l'analisi tramite i metodi statistici del Six-Sigma. Si raccolgono i dati e si calcolano gli indicatori di prestazione definiti al primo passo, confrontandoli con i valori target definiti dal management.

Nel terzo passaggio(ANALIZE) i dati vengono analizzati secondo i metodi statistici del Six-Sigma. Come risultato di questo step si avranno delle indicazioni su quali aree della produzione necessitano di un miglioramento. Il risultato può essere ottenuto con la matrice decisionale KPI-strumenti Lean-causa radice.

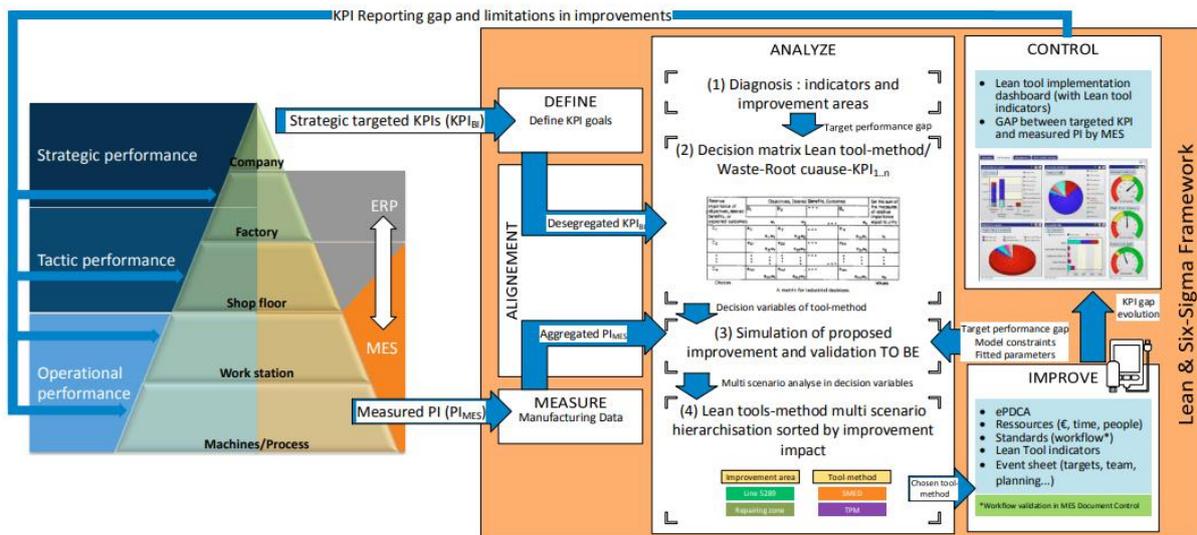


Figura 19: Rappresentazione Lean Six-Sigma Framework (H. cortes 2016)

Gli ultimi due passaggi sono quelli nei quali si applicano i miglioramenti al processo e se ne controllano le prestazioni. Il quarto step (IMPROVE) dell'implementazione del LSS framework mira ad implementare le soluzioni di miglioramento, nelle aree identificate nel passaggio precedente. Qui vengono applicati gli strumenti ed i metodi della Lean Manufacturing per migliorare le performance delle aree della produzione in cui si rilevano i maggiori sprechi.

In quest'ultimo passo (CONTROL) è di fondamentale importanza il contributo delle Dashboard. La visualizzazione degli indici di prestazione in tempo reale permette di concludere il cerchio del miglioramento continuo, monitorando i risultati ottenuti nella fase di implementazione e di pianificare le azioni per il continuo miglioramento dei processi.

4.5 I software BI per la Visualizzazione dei dati

Nel mercato sono molte le soluzioni software che permettono la visualizzazione dei dati estraendoli dai sistemi informati aziendali e da svariate fonti, ognuno di essi ha caratteristiche diverse e può essere scelto in base alle necessità aziendali. La scelta del software riveste un ruolo molto importante per la buona riuscita del progetto e per ottenere i risultati richiesti dagli utenti a cui sarà rivolta la dashboard.

Una analisi dei vari software è necessaria per confrontare le caratteristiche di ognuno di essi, in questo paragrafo verranno messi a confronto i software più utilizzati dalle aziende in modo da offrire una panoramica ed una base di confronto per future implementazioni.

Microsoft Power BI

Microsoft Power BI è il software sviluppato dalla azienda Microsoft, uno degli strumenti per la business intelligence e la visualizzazione dei dati più completi sul mercato.

Power BI nasce come un prodotto molto user friendly e con la capacità di integrare molte fonti di dati, quali applicativi Microsoft, Oracle, SAP e altre fonti come:

- Database
- Cloud
- Pagine Web

Una delle caratteristiche principali del software è la grande offerta di connettori dati, i quali permettono tramite un settaggio iniziale di connettersi a svariate fonti dati in real-time.

I principali vantaggi di Power BI sono:

- Memorizza le informazioni in un cloud centralizzato
- Collega dati da qualsiasi fonte con connettori già implementati
- Fornisce soluzioni per imprese di qualsiasi dimensione
- Permette di visualizzare i report in tempo reale su tutti i dispositivi e di condividere le informazioni in maniera facile e veloce
- Possiede una vasta gamma di strumenti visivi e di analisi

Tableau

Tableau è un software specializzato nella visualizzazione dei report e dashboard, si posiziona nel mercato come uno strumento di business intelligence che permette di effettuare analisi predittive, estraendo dati da svariate fonti in tempo reale.

L'impostazione del software permette di lavorare con modelli di big data analytics, importando dati di qualsiasi dimensione partendo da file in locale o cloud. Tramite un modello visivo ed intuitivo permette di combinare, modellare e pulire dati, automatizzando i flussi di lavoro.

I punti di forza del software sono:

- Offre potenti strumenti di visualizzazione dei dati
- Offre strumenti avanzati per sviluppatori e data analyst
- Capacità di recuperare dati in tempo reale
- Proprietà di scalabilità

Quick Sens

La piattaforma offre un motore di analisi con una sofisticata intelligenza artificiale e una architettura multi-cloud scalabile, attraverso questa architettura permette di implementare Dashboard SaaS e cloud privati. Quick Sens permette il caricamento dei dati in maniera rapida da svariate fonti, creare visualizzazioni dinamiche tramite semplici drag and drop e l'intelligenza artificiale.

I principali benefici della piattaforma sono:

- Offre soluzioni avanzate di analisi dei dati

- Interfaccia semplificata per la visualizzazione dei dati
- Spazio multi-cloud

SAP BusinessObjects Business Intelligence

Applicativo SAP il quale permette di ottimizzare l'utilizzo del software gestionale per eccellenza. BusinessObjects offre una vasta gamma di tool per la visualizzazione delle informazioni in report e dashboard, le quali possono essere facilmente collegati all'ecosistema SAP ed estrarre dati con molta facilità.

I principali benefici sono:

- Integrazione con i sistemi SAP
- Interrogazioni al database aziendali efficienti
- Capacità di gestione di grandi dataset

Nella figura 20 viene mostrato il posizionamento dei quattro software analizzati e dei più importanti software in commercio. Sono stati classificati e posizionati sulla griglia in base ad alcune caratteristiche ritenute importanti per l'analisi in corso: la capacità di analisi dei dati, la capacità di ottenere dati in real time sull'asse X. Nell'asse Y vengono identificate l'offerta di tool visuali nel software e la facilità dell'interfaccia grafica.



Figura 20: Analisi a due fattori dei software sul mercato

Come mostrato nella figura 20, nel quadrante in alto a sinistra, si trovano i software più utilizzati sul mercato data la loro semplicità di utilizzo e di gestione; Software come Power BI e Quik Sens non necessitano di competenze informatiche avanzate per essere utilizzati e permettono inoltre connessioni real-time tramite canali di connessione già sviluppati e presenti nei software.

Nel quadrante a destra si posizionano i software più utilizzati nelle aziende di grandi dimensioni, le quali hanno capacità tecnico-informatiche necessarie per implementare dashboard nei seguenti sistemi, come ad esempio come SAP e Oracle.

Nei quadranti inferiori si collocano software come ActivTrak e Revel i quali sono adatti ad un utilizzo in ambito aziendale in piccole e medie realtà. Offrono discrete capacità di visualizzazione e di analisi dei dati anche ad un costo più contenuto.

La scelta del software deve essere ponderata in base al tipo di progetto e ad i sistemi presenti in azienda e da cui si vorranno estrarre i dati. Altri aspetti da tenere in considerazione nella scelta del

software sono il costo, che può variare di molto tra i vari software in commercio, e la sicurezza dei dati.

4.6 La metodologia di sviluppo delle Dashboard

Il processo di sviluppo di un prodotto può essere diviso in quattro parti come segue:

1. Pianificazione e identificazione dei compiti
2. Design del concetto
3. Design delle personalizzazioni
4. Design dei dettagli

I quattro step definiti dalla letteratura per lo sviluppo di un prodotto possono essere presi come base per definire una procedura per lo sviluppo di una dashboard. Nella figura 21 vengono mostrati i cinque step proposti da S. Vilarinho (2017) per lo sviluppo di una Dashboard.



Figura 21: Le 5 fasi della metodologia per lo sviluppo di una dashboard

Il processo descritto in sintesi nella figura 21 permette di instaurare una metodologia per disegnare ed implementare Dashboard seguendo un processo di problem solving e di analisi dei requisiti, volto all'ottenimento di visualizzazioni efficaci, a valore aggiunto per il processo decisionale, ed in linea con le richieste del Management. Prendendo come base il processo sopra brevemente descritto e integrandolo con fonti della letteratura scientifica, si definisce una metodologia per l'implementazione di una dashboard focalizzata sulla gestione della Lean e delle performance dei reparti produttivi.

Processo	Obiettivo	Azioni
----------	-----------	--------

Analisi dell'area produttiva	Analizzare lo stato attuale dei sistemi di produzione, identificando quali sono i processi da migliorare	Seguendo i passi principali del processo di analisi: <ul style="list-style-type: none"> - preparazione (si raccolgono le informazioni necessarie sul progetto, si definiscono i confini, gli stakeholders) - Esecuzione (si eseguono interviste agli interessati al progetto, si raccolgono i dati delle osservazioni) - Diagnosi dei sistemi produttivi, delle risorse, dei sistemi informativi; Analisi del flusso delle informazioni nei reparti di produzione e delle attività di miglioramento continuo. Raccogliere le necessità degli utenti sullo stato futuro delle Dashboard
Identificare i requisiti per le Dashboard	Comprendere i bisogni dell'organizzazione per assicurare che si ottengano i risultati desiderati	Identificare i requisiti considerando: Lo scopo, le caratteristiche degli utenti, caratteristiche funzionali e visuali, i contenuti ed a che processo decisionale saranno rivolte le Dashboard. Importante è sviluppare le Dashboard in simbiosi con gli stakeholders in modo da evitare differenze tra le aspettative ed il risultato finale.
Definire il Template per la Dashboard	Convertire i requisiti raccolti dagli stakeholders in soluzioni tecniche. Preparare i sistemi per mettere a disposizione i dati e implementare il sistema di raccolta dati	Il primo step deve prevedere la preparazione di un prototipo per raccogliere eventuali richieste di modifica e centrare le priorità dell'azienda. In base alle priorità si scelgono i KPI da rappresentare e si analizza il livello di dettaglio delle informazioni che devono essere mostrate. Si preparano i sistemi informativi a rendere le informazioni disponibili per essere prelevate per la Dashboard.
Preparare le risorse necessarie	Adeguare e sviluppare sui sistemi informativi aziendali strutture dati adeguate per la Dashboard Identificare i fattori chiave per il Management e le operazioni.	Identificare le azioni necessarie per adattare la struttura dati nella quale le informazioni necessarie vengono conservate, per favorire la raccolta dei dati in maniera automatica e real-time Definizione dei fattori chiave per la dashboard a livello di gestione e di operazioni per la corretta operabilità: responsabile di gestione e manutenzione, periodo di aggiornamento, attività da eseguire per la corretta fruizione dei dati, input richiesti e output desiderati.
Implementazione, valutazione ed azioni di miglioramento della dashboard	Implementare la dashboard e le risorse necessarie a supporto dell'operabilità. Analisi dell'efficacia e dei possibili miglioramenti	Test delle funzioni della dashboard e della visualizzazione delle informazioni. Valutazione della rilevanza delle informazioni visualizzate, e delle attività per cui è richiesto il supporto della dashboard. Identificare ed implementare azioni di miglioramento

Analisi dell'area produttiva

Analisi della produzione e dei processi

Nella prima fase del processo di design di una dashboard si analizzano le aree produttive, le fasi rilevanti dei processi di produzione. Si definiscono quali saranno i processi presi in considerazione, di cui ne si vuole monitorare le performance, e quali di essi sono coinvolti nel processo di miglioramento continuo Lean. Per ogni processo si analizzano si definiscono i valori target e gli obiettivi che si vogliono ottenere. Si identificano quali sono le metodologie Lean che verranno usate per il miglioramento delle prestazioni.

Analisi delle Risorse e delle informazioni

Una analisi delle risorse produttive con un focus sulle macchine, le tecnologie IoT già presenti nei reparti di produzione ed i sistemi informativi aziendali, per comprendere quali sono i dati a disposizione e da quali fonti provengono. Inoltre, è fondamentale capire le strutture dati in cui vengono conservati sui sistemi informativi i dati e come è possibile accedervi per prelevarli.

Analisi della struttura comunicativa

In questo processo si analizzano i momenti decisionali, i meeting e gli attori a cui verrà fornito il supporto della dashboard. Si analizzano come sono ad oggi strutturati i metodi di comunicazioni delle informazioni e quali sono le necessità ed i miglioramenti che si possono apportare ad i processi designati con l'utilizzo della dashboard.

In questa fase verranno quindi analizzate quante visualizzazioni sono necessarie per ogni livello di business e dove fisicamente le informazioni verranno visualizzate. Un esempio può essere un production meeting prima dell'inizio della produzione in stabilimento, un meeting del Management della qualità o un meeting tra Executive.

Gli output di questo step sono di fondamentale importanza per allineare le richieste del Management e raggiungere gli obiettivi prefissati per cui è richiesto il supporto della dashboard. La fase di analisi mira a capire lo stato attuale del flusso delle informazioni e ad indentificare quali sono le opportunità di miglioramento e per finire quali sono i requisiti per offrire il maggior supporto al management ed al processo decisionale.

I requisiti della Dashboard

In questa fase si definiscono i requisiti della dashboard, quale sarà il suo scopo, quali saranno le caratteristiche visuali e funzionali, quali saranno gli utenti utilizzatori e quali sono i processi decisionali a cui sarà di supporto.

Per definire tutte queste caratteristiche è necessario strutturare un processo di interviste rivolte ai futuri utilizzatori per comprendere quali sono le funzionalità principali che la dashboard dovrà possedere per portare valore aggiunto al processo decisionale.

Definizione degli scopi della dashboard

La definizione dello scopo finale viene definito in fase embrionale del progetto, poi adattato dopo la fase di analisi in base ad i dati raccolti. Secondo i principi Lean uno degli scopi principali, è quello

del miglioramento continuo dei processi, valutando le performance della linea e delle risorse. La dashboard a supporto del processo Lean deve permettere l'identificazione della causa radice delle problematiche per risalire alla fonte degli sprechi. Inoltre a permettere di indentificare la causa radice degli sprechi è importante avere nella dashboard lo stato di avanzamento delle possibili soluzioni per l'ottimizzazione dei sistemi produttivi.

Definizione degli Utenti

Nel caso del management della Lean è importante identificare i responsabili del processo di miglioramento continuo, i responsabili della qualità e della gestione della produzione di ogni reparto.

Tutti gli utenti finali devono essere identificati per premettere un efficace sviluppo della dashboard, essi devono essere in grado di comprendere i dati all'interno di essa e per un effettivo supporto al processo decisionale di ogni livello aziendale.

Definizione delle funzionalità visuali e funzionali

I requisiti vengono definiti insieme da Key user riportando le loro necessità funzionali e visuali. Quello che si definisce in questa fase come output è il modo con cui gli utenti andranno ad interagire con la dashboard in base agli scopi definiti nello step precedente. Lo sviluppo di una dashboard Lean necessita di requisiti funzionali come la possibilità di visualizzare i dati in grafici, i quali mostrano la tendenza nel tempo, grafici e tabelle dove vengono mostrati gli effetti degli strumenti Lean sulle linea di produzione e strumenti di qualità (come può essere la variabilità degli errori di produzione nel tempo). I requisiti visivi sono definiti nella letteratura scientifica, nella quale viene evidenziata l'importanza di utilizzare colori appropriati per evidenziare i dati più importanti, testi a supporto dei grafici e informazioni chiaramente leggibili.

Definizione dei contenuti

In questa fase si definiranno i dati che dovranno essere mostrati dalla dashboard in conformità alle definizioni degli step precedenti. Ogni livello organizzativo necessita di informazioni diverse per supportare ed ottimizzare il processo decisionale. I dati devono contenere i KPI selezionati in fase di analisi per misurare le performance aziendali. Il livello di dettaglio dei KPI varia in base al livello aziendale a cui la dashboard è diretta.

Una dashboard operativa è sensibile al fattore tempo e deve disporre di dati aggiornati che consentano agli utenti di conoscere lo stato di qualsiasi attività o risorsa in qualsiasi momento.

Salendo di livello nella struttura organizzativa una dashboard deve essere meno sensibile al tempo ma contenere dati più statici e strumenti per le analisi. Le dashboard per la gestione del livello tattico

sono generalmente progettate per la gestione aggregata delle risorse. I dati presenti in una dashboard tattica aiuteranno a comprendere meglio i risultati delle azioni dell'azienda per procedere a formulare piani di azione a medio termine. Una dashboard tattica avrà dati visivi e tendenze che aiuteranno le parti interessate a prendere decisioni informate.

Il livello strategico necessiterà di informazioni maggiormente aggregate per monitorare lo stato delle ottimizzazioni sul lungo periodo e definire le strategie di lungo termine. I KPI devono essere messi a confronto con i target prefissati così da valutare lo scostamento dello stato attuale e valutare il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Le informazioni devono essere presentate nel modo più semplice possibile, evitando di inserire in una visualizzazione informazioni non coerenti alle necessità del processo decisionale. Inoltre, è importante definire in questa fase il livello di dettaglio delle informazioni e la capacità di drill-down nelle informazioni della dashboard.

Un indicatore, definito anche negli strumenti della Lean Manufacturing si identifica nell'OEE, il quale permette di presentare lo stato dei sistemi di produzione valutandone la disponibilità, le prestazioni e la qualità.

L'OEE come dato cardine di una dashboard Lean deve essere presentato in maniera tale da poter permettere di identificare sia le prestazioni totali della produzione sia quelle di una singola macchina o reparto della produzione. Implementare la possibilità di disaggregare i dati e aumentare il livello di dettaglio permette un efficace processo di identificazione delle root-cause.

Definizione delle necessità a supporto del processo decisionale

Come ultima fase del processo di definizione funzionale si andranno a scegliere le specifiche dei tempi di refresh e di caricamento dei dati nella dashboard. Il processo di ETL (extraction, transformation and loading) deve essere propriamente configurato sul sistema di visualizzazione delle informazioni. In base alle necessità del business deve essere definita la frequenza con cui i dati verranno estratti dai sistemi informativi aziendali. Maggiore sarà la necessità di avere le informazioni più aggiornate possibile e maggiore dovrà essere la frequenza di estrazione dei dati. La scelta riguardo la frequenza di aggiornamento dei dati deve essere però bilanciata con la capacità dei sistemi di estrazione, i quali devono essere opportunamente dimensionati per gestire la quantità di dati richiesti.

Definizione del template della Dashboard

Una volta definiti gli obiettivi, gli utenti finali ed i requisiti funzionali, il passo successivo si focalizza nel definire il template della dashboard.

La definizione del template mira a strutturare visualmente la dashboard, delineare la visualizzazione di ogni dato, tramite diversi tipi di grafici e indicatori visuali e definire la posizione di ogni oggetto visuale nella pagina della dashboard. Sulla base delle degli elementi definiti nei punti precedenti, in questa fase, si avranno già le specifiche dei dati da mostrare nella pagina della dashboard.

Una visualizzazione efficace dei dati passa attraverso la scelta di come questi vengono rappresentati. Molti tipi di grafici possono essere utilizzati: grafici a barre, diagramma a torta, indicatori numerici, grafici con linee di tendenza ed indicatori visuali con colori che ne risaltano le informazioni chiave.

La dashboard deve essere visualizzata in una sola schermata, un esempio è la figura 22, ma può avere varie visualizzazioni, per permettere l'approfondimento di dati presenti nella visualizzazione principale. La pagina principale deve racchiudere tutti i dati più importanti del processo decisionale, questo permette di avere una overview generale sui sistemi di produzione.

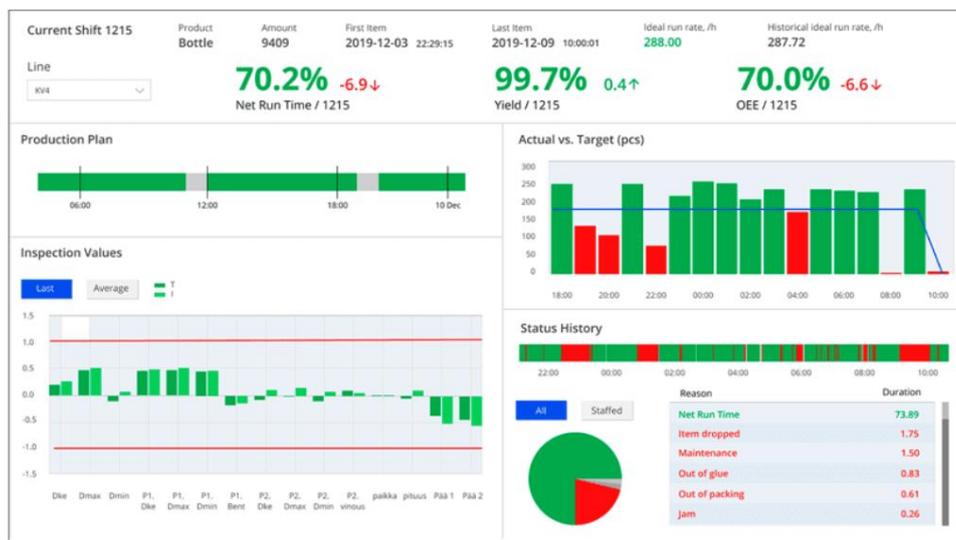


Figura 22: Esempio di una dashboard Lean

Le varie pagine possono quindi permettere di approfondire i vari indici di prestazione andando ad investigare quali sono le varie voci più importanti nel calcolo dell'indicatore.

I grafici utilizzati devono essere mirati all'obiettivo della dashboard; nella visualizzazione principale della dashboard è importante inserire valori aggregati.

I grafici come la figura 23 permettono facilmente di visualizzare il valore di un indicatore rispetto al suo massimo ed al target. Nel caso in esempio è mostrato l'OEE. Come mostrato in figura questo tipo di grafico permette di avere in una piccola porzione di schermo la situazione aggiornata sullo stato dell'efficienza del reparto produttivo, accorpando dati target e dello stato attuale.

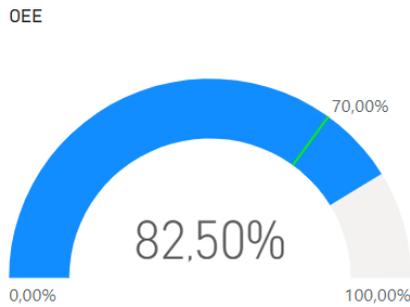


Figura 23: Elemento visuale:
Misuratore

Un'altra tipologia di elemento sono gli indicatori puntuali (Figura 24), i quali mostrano un valore numerico con il dato del trend di crescita o decrescita rispetto ad un valore di riferimento fisso o rispetto al valore del periodo precedente.

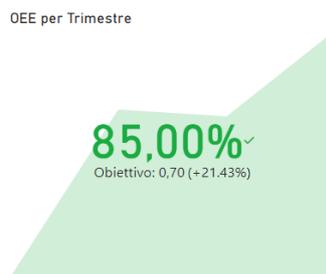


Figura 24: Indicatore Puntuale

Gli indicatori puntuali sono spesso utilizzati nelle dashboard di management perché racchiudono il valore aggregato e sintetico, in grado di rappresentare lo stato aziendale o di un sistema, che permette di prendere decisioni in maniera rapida e sulla base di dati affidabili.

Altre tipologie di elementi visuali possono essere i diagrammi a barre e a linee, efficaci per mostrare gli andamenti nel tempo di un dato indicatore.



FIGURA 25: GRAFICO A LINEE DI TENDENZA

La tipologia di grafico nella Figura 25 permette di analizzare l'andamento nel tempo dell'indicatore prescelto e di rapportarlo in relazione al target. L'aggiunta della possibilità di effettuare il drill-down nei dati e risalire alla causa radice apporta valore aggiunto al processo decisionale, il quale può effettuare le analisi in autonomia senza la necessità di ulteriore supporto informatico, accedendo ad un'unica visualizzazione.

Il grafico a barre in Figura 26 rappresenta l'indicatore di prestazione dell'OEE diviso per reparto di produzione, questo permette di effettuare una analisi di benchmarking tra i vari reparti ed identificare quali aree della produzione necessitano azioni di miglioramento.

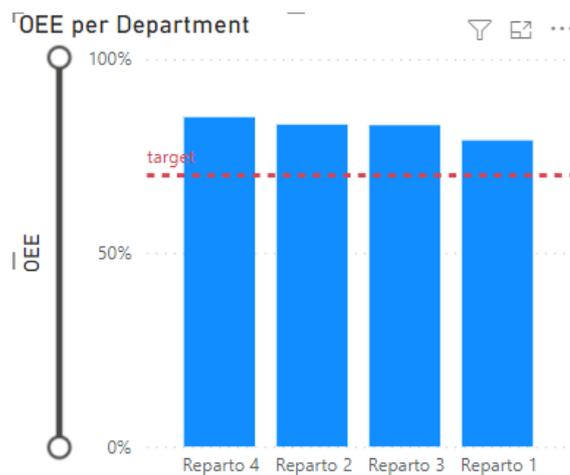


Figura 26: Grafico a barre con target

Oltre ad i grafici e gli indicatori numerici nella pagina è necessario posizionare i pulsanti per i filtri. Questi permettono di rendere dinamica la dashboard infatti, agiscono su tutti gli elementi visuali presenti nella pagina e permettono di filtrare i dati tramite i pulsanti visuali (Figura 27).

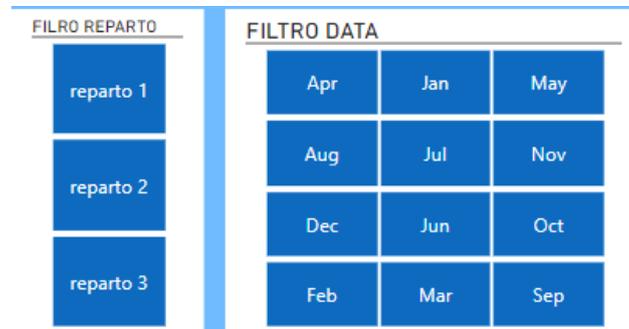


Figura 27: Filtri visuali

Nel caso in esempio (Figura 27) sono rappresentate due categoria di filtri: il primo permette di filtrare tutti gli elementi visuali della pagina per mese, approfondendo il fattore tempo. Il secondo filtro permette di selezionare i dati per un reparto specifica dell'impianto di produzione. Questo permette di approfondire i dati, effettuare analisi e ricercare la causa radice dei problemi agendo tempestivamente.

Definiti tutti gli elementi visivi richiesti per la dashboard, si definirà la posizione nella pagina di essi. L'impostazione visiva andrà a rappresentare la bozza della struttura grafica che viene presentata agli stakeholder e key user. L'obiettivo della presentazione della bozza mira ad ottenere feedback sul layout della dashboard volti all'ottimizzazione e ad ottenere un risultato finale in linea con le aspettative e alle richieste del progetto.

Implementazione e valutazione della Dashboard

Una volta strutturata visualmente la dashboard si passa alla fase di implementazione, in questa fase in base al software scelto si andranno ad implementare le connessioni con i vari database aziendali.

Il processo di ETL viene implementato, si strutturano i flussi di caricamento dei dati e le regole di trasformazione dei dati grezzi in dati che possono trasmettere informazioni.

In questa fase si implementano le azioni necessari sui sistemi informativi aziendali in modo da rendere disponibili e prelevabili dal sistema di visualizzazione dalla dashboard. Viene creata una relazione tra le tabelle interne dei sistemi e le tabelle del software di visualizzazione.

Viene quindi creata una struttura relazionale all'interno del programma di visualizzazione che replica le tabelle dei database di origine (nel caso i dati siano già pronti per la visualizzazione) altrimenti al momento del caricamento vengono definite le regole di trasformazione dei dati. Le regole di trasformazione possono essere di vari tipi, ad esempio: calcoli (somma, media, max, min), operazioni matematiche tra colonne, conversioni di formato ed aggregazioni di dati in tabelle.

Una volta implementata la struttura relazionale nella quale vengono caricati i dati dai sistemi aziendali, si possono costruire le visualizzazioni sulla base della struttura creata.

In base al programma scelto, più o meno user friendly è possibile selezionare tra vari tipi di grafici con diverse proprietà. Per definire le proprietà si strutturano delle interrogazioni (query) ad i dati estratti dal sistema e temporaneamente conservati nelle strutture dati aggregate.

In questo processo si possono, in base alle definizioni fatte precedentemente, strutturare strumenti di self-analytics, grafici, tabelle nelle quali oltre ad i dati real-time e storici si implementano analisi statistiche come linee di previsione della tendenza dei dati, scenari What-if, analisi di regressione. Tutte queste metodologie vengono facilmente applicate ad i dati senza molte conoscenze informatiche grazie alle interfacce software che permettono tramite drag-and-drop di strutturare le analisi e renderle disponibili all'utilizzatore finale.

Dopo che tutte le funzionalità richieste dal progetto sono state implementate nella dashboard se ne testano le prestazioni. Viene testata la validità dei dati, l'affidabilità del flusso di caricamento e si schedulano le attività di manutenzione della dashboard. Per il corretto ed il continuo utilizzo della dashboard viene definito un responsabile del dipartimento IT con competenze informatiche, il quale si occupa della manutenzione e nel caso fosse necessario, di piccole modifiche al template durante le prime fasi di utilizzo della dashboard.

A titolo di esempio è stata implementata una dashboard di overview Lean con il software Power BI al fine di mostrare una impostazione grafica ideale. Nella dashboard sono stati inclusi gli indicatori che sono stati identificati nel capitolo precedente come i più utilizzati per la gestione Lean. I dati utilizzati sono stati creati ad esempio per rappresentare dei dati di produzione.



Figura 28: Dashboard per il Lean Management

Nella Dashboard in Figura 28 sono stati inseriti, nella visuale principale di Overview, alcuni dei KPI selezionati nel capitolo precedente, come il WIP e Lead time, data la loro rilevanza riscontrata nell'analisi effettuata. Il WIP, con valore in milioni, permette di osservare l'andamento delle scorte nel processo di produzione nel tempo; Potendo osservare come gli strumenti Lean applicati ai processi di produzione agiscono su di esso è possibile identificare quali dei reparti necessitano di un ulteriore miglioramento e capire quali sono gli strumenti adatti da applicare al processo.

Il Lead Time medio mensile, è stato relazionato sempre al tempo per comprendere gli effetti degli strumenti e metodologie Lean applicate al processo hanno migliorato questo indicatore. Il Lead time è un indicatore che può essere relazionato al soddisfacimento delle richieste del cliente. In un'ottica Lean è importante relazionare i dati di produzione con il consumatore finale per focalizzare l'attenzione e le strategie future orientate al cliente.

Nella Dashboard di overview inoltre si è inserito L'OEE, indicatore che viene definito nella letteratura come strumento importante per la gestione Lean, perché permette di riunire in un solo indicatore tre indicatori di prestazione più specifici: L'affidabilità, la disponibilità e la qualità. Questi tre aspetti sono racchiusi in un unico indicatore OEE, così facendo è possibile tracciare le performance della linea in maniera intuitiva, rapportando l'indicatore sopra descritto con il target deciso in fase di progetto.

La dashboard possiede funzionalità come filtri e drill-down dei grafici. I filtri permettono di agire su tutti i grafici della pagina, questo permette facilmente di andare ad analizzare un reparto nello

specifico ed identificare quali sono stati gli effetti degli strumenti Lean applicati al reparto. La funzionalità del drill-down permette, selezionando un qualsiasi elemento di un grafico, di filtrare in automatico il resto degli oggetti visuali; Questa funzionalità velocizza l'analisi dei dati e permette ottimizzare il processo decisionale. Ogni utilizzatore della dashboard può applicare i filtri a suo piacimento senza effettuare nessuna interrogazione al database ma semplicemente premendo i pulsanti per i filtri.

La tipologia di dashboard rappresentata in figura 28 è l'esempio di una dashboard di livello strategico, la quale deve contenere informazioni aggregate e con orizzonte temporale di lungo periodo (es. Mesi, anni). La gestione Lean beneficia dell'utilizzo della dashboard grazie alla possibilità di chiudere il ciclo DMAIC, la dashboard permette di controllare i risultati ottenuti dopo la fase di implementazione delle tecniche Lean ed avere una base solida per analizzare le aree su cui andare ad agire in ottica di un miglioramento continuo.

4.7 Valutazioni e considerazioni

In questo capitolo viene proposta una possibile metodologia per il visual management Lean ed un metodo per costruire delle dashboard efficaci in linea con le richieste del management a supporto del processo decisionale. Il metodo proposto si basa su metodologie della letteratura scientifica ampliando la struttura del metodo alla gestione della Lean. Il framework proposto non è stato testato quindi non ci sono dati per evidenziare la concreta efficacia del metodo e dell'utilizzo della dashboard per il management Lean. Si è analizzato inoltre il panorama dei software per la visualizzazione e l'analisi dei dati evidenziandone le caratteristiche per offrire una base di partenza per futuri progetti.

In uno studio di W. Noonpakdee 2018 viene riscontrato, dopo 9 mesi di osservazione dell'utilizzo di dashboard a supporto del processo decisionale, come le aziende coinvolte hanno migliorato la loro capacità di formulare piani di azione strategici. Inoltre ad risultati potenzialmente ottenibili, lo studio dimostra come tramite l'utilizzo delle dashboard si hanno significative riduzione nei costi, risparmio di tempo da dedicare ad attività a valore aggiunto, ed un migliore processo decisionale.

In un progetto di implementazione di dashboard è necessario tenere in considerazione alcune implicazioni, le quali non sono state trattate in questo capitolo. Importante punto di attenzione è sulla sicurezza dei dati e delle informazioni riservate. I software precedentemente analizzati non possiedono solidi strumenti per la definizione delle utenze. L'accesso ad i dati, una volta garantito l'accesso alla dashboard non è limitabile.

Un ricerca di O.Velcu-Laitinen riporta come l'utilizzo delle dashboard finalizzate alla gestione delle performance comporta un processo decisionale più solido il quale basa le proprie decisioni su dati affidabili e sempre aggiornati. Una implicazione sorta dalla ricerca di Velcu-Laitinen è quella della qualità dei dati; L'autore suggerisce per uno sviluppo ottimale di una dashboard, i sistemi informativi ed i dati devono essere adattati allo scopo della dashboard e messi a servizio del processo di estrazione e trasformazione.

I benefici delle dashboard sono ampiamente dimostrati nella letteratura scientifica e la ricerca condotta in questo capitolo può essere interessante per futuri sviluppi ed applicazioni delle dashboard al management Lean. Il potenziale di questi strumenti visuali è sia incorporato nella metodologia Lean ma può essere utilizzato in tutte le aree di business aziendali traendone i benefici descritti nel capitolo. Data la sempre crescente quantità di dati nelle aziende, dovuta all'utilizzo delle tecnologie come l'IoT ed agli strumenti come il data mining, fa pensare ad una crescita del settore della business intelligence e dell' utilizzo delle dashboard come strumento di gestione e controllo delle prestazioni dei reparti produttivi e dell'intera azienda.

CONCLUSIONI

Il lavoro di tesi svolto è nato dalle necessità riscontrate in aziende dove l'autore ha svolto attività lavorative. In molte aziende tutt'oggi il processo di management ed il controllo delle prestazioni viene effettuato, sia con indicatori e dashboard, ma tutto il processo di creazione delle dashboard ed il calcolo degli indicatori, molto spesso, viene svolto in modo manuale. Quello che l'autore ha riscontrato è che molto tempo viene dedicato alla raccolta e preparazione delle informazioni necessarie, questo processo erode tempo alla fase di analisi dei dati ed alla formulazione di piani di azione per il miglioramento delle performance. In ottica Lean il processo di miglioramento continuo prevede il ripetersi di azioni di monitoraggio per poi sviluppare piani di azione per il miglioramento delle prestazioni dei reparti produttivi. Questo processo di iterazione rende maggiore la quantità di tempo da dedicare al monitoraggio delle prestazioni, se esso viene svolto in modo manuale.

Per quanto detto lo scopo della tesi è stato quello di definire una metodologia di design ed implementazione di dashboard di KPI per il monitoraggio e la gestione delle performance di un reparto produttivo a cui vengono applicate le metodologie e gli strumenti della Lean Manufacturing.

Per arrivare al risultato finale della tesi si è prima svolto un lavoro di ricerca volto a fornire una base solida sulle metodologie Lean, sui sistemi informativi aziendali e le tecnologie attualmente in uso nei reparti produttivi, come quelle dell'Industria 4.0. Inoltre, è stata svolta una analisi tra svariati articoli scientifici volta a ricercare quali sono i KPI più utilizzati nell'implementazione ed il management Lean, da includere poi nello sviluppo della dashboard.

Nel primo capitolo si sono quindi analizzati i metodi, gli strumenti e la gestione della Lean Manufacturing. Quanto osservato porta alla consapevolezza di quanto le metodologie e gli strumenti Lean siano vastamente utilizzati nelle aziende di tutto il mondo. La metodologia si è evoluta negli anni, inglobando nelle sue metodologie strumenti come il Six-Sigma il quale permette, tramite metodi per il controllo statistico delle prestazioni di ottimizzare la qualità e l'efficienza del processo di produzione.

L'evoluzione della Lean passa anche dalle tecnologie utilizzate per la produzione. Il secondo capitolo racchiude una panoramica sui sistemi informativi aziendali e sulle tecnologie dell'Industria 4.0. Lo scopo del capitolo è quello di apprendere e conoscere quali ad oggi sono i sistemi e le tecnologie utilizzate nei reparti di produzione, per comprendere dove si collocano le informazioni della produzione. I sistemi e le tecnologie si sono integrati perfettamente con le metodologie Lean,

permettendo di superare i limiti classici della Lean, portando l'ottimizzazione dei sistemi ad un livello sempre maggiore. Nella letteratura scientifica si sono riscontrati molte integrazioni tra Lean e Industria 4.0 e ne si sono riportati casi aziendali per comprendere come questa integrazione può avvenire. Si sono riscontrati benefici nelle prestazioni delle linee raggiungendo risultati come un valore dell'OEE del 93% T. Wagner(2017) ed un miglioramento generale delle performance aziendali, riducendo gli sprechi definiti dalla Lean .

Nel terzo capitolo è stata condotta una analisi degli articoli scientifici volta a ricercare quali sono i KPI più utilizzati durante l'implementazione dei metodi Lean per il controllo delle prestazioni dei sistemi di produzione. L'analisi ha evidenziato come siano tanti e diversi i KPI utilizzati ma si sono riscontrati KPI comuni tra gli articoli e casi studio. La ricerca è stata condotta analizzando diversi articoli scientifici, sono stati raccolti i KPI presenti negli articoli e sono stati mappati tramite una matrice. L'analisi ha evidenziato e confermato che i KPI più utilizzati per il controllo di un sistema di produzione a cui sono stati applicati gli strumenti Lean siano il WIP, Lead Time, VAT, inventory. Il risultato è stato ottenuto tramite un'analisi di Pareto considerando la frequenza di utilizzo dei KPI negli articoli, classificandoli secondo le percentuali come classi A, B, C. Sono stati quindi scelti i KPI più frequenti per una seconda analisi, la quale ha evidenziato i risultati che la letteratura scientifica riporta per i KPI selezionati. I risultati ottenuti riportano un miglioramento dei KPI selezionati in media del 33%, evidenziando come questi KPI sono indicati per la gestione delle performance Lean e sono dati importanti da inserire e da visualizzare nello sviluppo di una dashboard Lean. I KPI selezionati sono si i più utilizzati nella letteratura scientifica ma non posso essere definiti come risultato assoluto, ogni applicazione della Lean nelle linee di produzione deve essere gestita in base alle esigenze specifiche del caso aziendale.

Nel capitolo conclusivo, le informazioni raccolte sulla Lean Manufacturing, sui sistemi informativi ed i risultati raccolti nell'analisi dei KPI, sono stati utilizzati per formulare una metodologia per la creazione di dashboard con la finalità del controllo delle prestazioni Lean. Il processo di creazione delle dashboard è stato strutturato sulla base di metodologie riscontrate nella letteratura scientifica, adattandola agli obiettivi della Lean. Il processo che si è strutturato prevede cinque passaggi: Una prima analisi dei sistemi produttivi, un secondo passaggio nel quale vengono identificati i requisiti della dashboard, un terzo in cui si definisce il template grafico, il quarto in cui si preparano le risorse (sistemi informativi) all'estrazione dei dati, ed un quinto passaggio nel quale si implementa la dashboard e ne si valutano le azioni di miglioramento.

La metodologia strutturata per la creazione delle dashboard si fonde con gli strumenti ed i metodi della Lean Manufacturing nel Visual Management e nel processo di miglioramento continuo. Infatti,

nel definire la dashboard è stato definito anche un metodo per strutturare il controllo delle prestazioni ed il ciclo di miglioramento continuo tramite il Lean-Six-Sigma.

I risultati di questa metodologia riscontrano benefici dall'utilizzo delle dashboard come metodo di controllo, nell'omonima fase del ciclo DMAIC, ottenendo così un processo di Management della Lean solido e basato su informazioni sempre aggiornate in real-time e consistenti.

Il risultato finale della tesi è stato presentato in una dashboard di esempio per la gestione Lean. La dashboard strutturata mostra al suo interno indicatori di prestazione come il WIP ed il Lead time, i quali identificati nell'analisi del capitolo terzo come frequentemente utilizzati per la gestione dei miglioramenti di un sistema a cui si applicano gli strumenti Lean. La dashboard è stata strutturata secondo regole visuali per rendere di facile e di immediata comprensione le informazioni presenti in essa. Nella Dashboard, inoltre, è stato incluso l'indicatore di prestazione dell'OEE definito nella letteratura scientifica come uno strumento della Lean Manufacturing e quindi di importanza rilevante perché riesce tramite un solo indicatore numeri a racchiudere la situazione prestazionale e qualitativa della linea di produzione/macchina.

La dashboard è stata strutturata a titolo di esempio per dimostrare i risultati potenzialmente ottenibili e le funzionalità che si possono includere nella visuale, utilizzando il software Power BI, uno dei leader nel mercato per la visualizzazione dei dati e la business intelligence.

I risultati ottenibili a livello di prestazioni del processo di management e miglioramento delle prestazioni di un sistema di produzione non possono essere riscontrati tramite il lavoro di tesi presente. La tesi è stata portata avanti con un'impronta teorica e di ricerca, non si sono avuti a disposizione dati e la possibilità di un'applicazione reale; gli unici risultati che si possono enunciare sono stati raccolti dalla letteratura scientifica. Le ricerche condotte nella letteratura scientifica dimostrano come l'utilizzo delle dashboard, con dati aggiornati in real-time, a supporto del processo decisionale, possono migliorare la rapidità, efficienza e l'efficacia di esso tramite dati affidabili e sempre aggiornati. Inoltre, la letteratura scientifica dimostra come si possono ridurre i costi associati al processo decisionale e ridurre lo spreco di tempo dedicato alla costruzione manuale delle dashboard.

Questi vantaggi, si ipotizza, possano essere ancora maggiori nell'utilizzo delle dashboard nella gestione delle performance Lean. Come evidenziato spesso nei capitoli precedenti, l'applicazione della Lean implica strutturare cicli di miglioramento continuo che si chiudono con attività di monitoraggio delle prestazioni e riformulazione di piani di azione per il continuo miglioramento a

piccoli step. Questo significa che utilizzando le dashboard si andrebbe a diminuire l'effort nella fase di controllo e ad aumentare la velocità e l'efficacia del processo di miglioramento continuo.

Queste ipotesi non possono essere validate nel lavoro di tesi presente ma possono essere la base di partenza per future analisi sull'efficacia dell'utilizzo delle dashboard nel processo decisionale, l'approfondimento di questi temi e la sperimentazione in un caso reale potrebbe portare a risultati non considerati in questa ricerca.

In conclusione, si può affermare che il campo delle dashboard e della business intelligence nelle aziende è in continua crescita e nel prossimo futuro potrebbe diventare di grossa rilevanza in molti settori aziendali. I software e le tecnologie presenti sul mercato sono in grado di gestire una sempre maggiore quantità di dati e le aziende che vorranno rimanere competitive sul mercato si affacceranno a questa nuova frontiera tecnologica per continuare il processo di miglioramento continuo imposto dalla Lean.

APPENDICE

Appendice 1

TAG	ARTICOLI
A1	Abdulmalek, F.A. & Rajgopal, J., 2007. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. <i>International Journal of Production Economics</i> , 107(1), pp.223–236.
A2	Ar, R., 2012. Production Flow Analysis through Value Stream Mapping : A Lean Manufacturing Process Case Study . , 41(Iris), pp.1727–1734.
A3	Detty, R.B. & Yingling, J.O.N.C., 2000. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. <i>International Journal of Production Research</i> , 38(2), pp.429–445. Available at: http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2s2.00034688387&partnerID=40&md5=8a6eff086761a6181e353cf3972f23a6 .
C4	Chowdary, B. V & George, D., 2011. Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company A lean manufacturing approach. <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i> , 23(1), pp.56–75.
A5	Mahfouz, A. & Arisha, A., 2013. Lean distribution assessment using an integrated framework of value stream mapping and simulation. <i>Journal of Chemical Information and Modeling</i> , pp.1–10.
A6	Sleem, S.N., Helal, M. & Elassal, A.M., 2014. Using Computer Simulation in Lean Manufacturing Implementation. 16th Intl. Conf. on Applied Mechanics & Mechanical Engineering. Available at: https://www.researchgate.net/publication/280003866_Using_Computer_simulation_in_Lean_Manufacturing_Implementation .
C7	Roessler, M.P., Metternich, J. & Abele, E., 2014. Learning to See Clear: Quantification and Multidimensional Assessment of Value Stream Mapping Alternatives Considering Variability Business and Management Research, 3(2). Available at: http://www.sciedu.ca/journal/index.php/bmr/article/view/4778 .
A8	Gurumurthy, A. & Kodali, R., 2009. Application of value stream mapping and simulation for the design of lean manufacturing systems: a case study. <i>Int. J. Simulation and Process Modelling</i> , 5(3), pp.192–204.
C9	Sihn, W. & Pfeffer, M., 2013. A method for a comprehensive value stream evaluation. <i>CIRP Annals - Manufacturing Technology</i> , 62(1), pp.427–430. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.042 .
C10	Karim, A. & Arif-uz-zaman, K., 2013. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. , 19(1), pp.169–196.
C11	S. Vinodh, M. Somanaathan, K.R.A., 2013. Development of value stream map for achieving leanness in a manufacturing organization. <i>Journal of Engineering, Design and Technology</i> , 11(2), pp.129–141.
A12	Shivdasini Singh Amin, Rakesh Atre, Ankur Vardia, B.S., 2014. Lean machine manufacturing at Munjal Showa limited. <i>International Journal of Productivity and Performance Management</i> , 63(5), pp.644–664.
A13	Cuatrecasas-Arbós, Lluís, Jordi Fortuny-Santos, Patxi Ruiz-de-Arbulo-López, C.V.-S., 2015. Monitoring processes through inventory and manufacturing lead time. <i>Industrial Management & Data Systems</i> , 115(5), pp.951–970.
A14	Cuatrecasas-Arbós, Lluís, Jordi Fortuny-Santos, Patxi Ruiz-de-Arbulo-López, C.V.-S., 2015. Monitoring processes through inventory and manufacturing lead time. <i>Industrial Management & Data Systems</i> , 115(5), pp.951–970.
A15	Taj, S., 2008. Lean manufacturing performance in China : assessment of 65 manufacturing plants. <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i> , 19(2), pp.217–234.
C16	Hayati, N. et al., 2013. Case Study : The Methodology of Lean Manufacturing Implementation. , 393, pp.3–8.
A17	Yang, T. et al., 2015. Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization. <i>Journal of Manufacturing Systems</i> , 34, pp.66–73. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.010 .
C18	Rosario Domingo, Roberto Alvarez, Marta Melodía Peña, R.C., 2007. Materials flow improvement in a lean assembly line : a case study. <i>Assembly Automation</i> , 27(2), pp.141–147.
A19	Gulshan Chauhan, T.P.S., 2013. Measuring parameters of lean manufacturing realization. <i>Measuring Business Excellence</i> , 16(3), pp.57–71.
A20	Nallusamy, S., 2016. Lean Manufacturing Implementation in a Gear Shaft Manufacturing Company Using Value Stream Mapping. , 21, Pp.231–237.
C21	Martõ, A. & Sa, Â., 2001. Lean indicators and manufacturing strategies. , 21(11), pp.1433–1451.
A22	Singh, B. & Sharma, S.K., 2009. Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation : an Indian case study of a manufacturing firm. , 13(3), pp.58–68.

BIBLIOGRAFIA

Ahmed, M.H. (2013). OEE Can Be Your Key: Change formula for equipment availability to improve performance. *Industrial Engineer*. 45 (8): 43-48.

Bal A, Satoglu SI (2014) Maintenance management of production systems with sensors and RFID: a case study. In: *Global Conference on Engineering and Technology Management (GCETM)*, 82–89

Behnam Tabrizi, Ed Lam, Kirk Girard, and Vernon Irvin () *Digital Transformation Is Not About Technology*

Bhuiyan N., Baghel A., (2005) An overview of continuous improvement: from the past to the present, *Management Decision*, Vol. 43 (5), pp. 761-771

Bititci U, Cocca P, Ates A (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organizations. *International Journal of Production Research* ;54:1571–93.

Borris, S. (2012). *Strategic Lean Mapping: Blending Improvement Processes for the Perfect Solution*. MacGraw-Hill, New York.

Brady, J.E. and Allen, T.T. (2006), “Six sigma literature: a review and agenda for future research”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 22, pp. 335-67.

Cua, K.O., McKone, K.E., & Schroeder, R.G. (2001). Relationships between Implementation of TQM, JIT, and TPM and Manufacturing Performance. *Journal of Operation and Management*, 19, 675-695.

Gianluca d'Antonio, Frédéric Segonds, Floriane Laverne, Joel Sauza-Bedolla, Paolo Chiabert (2017) A framework for manufacturing execution system deployment in an advanced additive manufacturing process. *International Journal of Product Lifecycle Management*, Inderscience,

Grewal C., (2008) An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company, *Journal of Manufacturing Technology and Management*, Vol. 15, pp. 404-417

Groover MP (2010) *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, Processes and Systems* (4th edn.) John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey

Hector Cortes*, Joanna Daaboul*, Julien Le Duigou*, Benoît Eynard* (2016) *Strategic Lean Management: Integration of operational Performance Indicators for strategic Lean management*

Heizer J, Render B (1995) *Production and operations management*. PrenticeHall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Hofmann, E. and M. Rüsç. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89: 23–34.

J.P. Womack, D.T. Jones – D. Roos (1991) *The machine that change the world*

Kattman B, Corbin TP, Moore LE, Walsh L. (2012) Visual workplace practices positively impact business processes. *Benchmarking: An International Journal* ;19:412–30.

Kolberg D, Knobloch J, Zühlke D (2016) Towards a lean automation interface for workstations. *Int J Prod Res*. doi:10.1080/00207543.2016.1223384

- Kolberg D, Zühlke D (2015) Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies, IFAC-Papers. Online 48(3):1870–1875
- Lovelle J., (2001) Mapping the value stream, Institute of Industrial Engineers Solutions, Vol. 33 (2)
- M. Angelini, N. Ferro, G. Santucci, and G. Silvello,(2014) “VIRTUE: A visual tool for information retrieval performance evaluation and failure analysis,” J. Vis. Lang. Comput., vol. 25, no. 4, pp. 394–413,
- M. Hermann, T. Pentek and B. Otto(2016), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016, pp. 3928-3937, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- Ma, J., Wang, Q., & Zhao, Z. (2017). SLAE-CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies. *Sensors*, 17(7). Doi: 10.3390/s17071500
- Mohammed Hamed, Ahmed Soliman (2017)- emirates journal for engineering research, 22 (2), 1-10 (2017) - a comprehensive review of manufacturing wastes: toyota production system lean principles
- Muhammad Shahbaz, KhanAhmed Al-Ashaab, Ahmed Al-AshaabEssam, ShehabEssam Shehab(2015)Define value: Applying the first lean principle to product development, International Journal of Industrial and Systems Engineering 21(1):1
- Oana Velcu-Laitinen, Ogan M. Yigitbasioglu,(2012) The Use of Dashboards in Performance Management: Evidence from Sales Managers The International Journal of Digital Accounting Research vol. 12, pp. 39 - 58"
- P. Hines, M. Holweg, Nick Rich, Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking Published 1 October 2004 - Business International Journal of Operations & Production Management
- Pauwels K, Ambler T, Clark BH, LaPointe P, Reibstein D, Skiera B,(2009) Dashboards as a service: why, what, how, and what research is needed? Journal of Service Research ;12(2):175–89.
- Ramunė Čiarnienė, Milita Vienažindienė(2012)-LEAN MANUFACTURING: THEORY AND PRACTICE Šenkayas, H. and Ö. Gürsoy.(2018). Industry 4.0 Applications And Digitilization of Lean Production Lines. The Annals of the University of Oradea:124.
- Simon Lizotte-Latendresse, Yvan Beauregard,(2018) Implementing self-service business analytisc supporting lean manufacturing: A state-of-the-art reiew
- Sullivan, W.G., T.N. McDonald and E.M. Van Aken. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3): 255–265.
- Thangarajoo and Smith(2015), Lean Thinking: An Overview, Ind Eng Manage , 4:2
- Tupa, J. (2014) ‘Performance measurement for efficient lean management: theory and case study’, Int. J. Lean Enterprise Research, Vol. 1, No. 2, pp.116–131.
- Turanoglu Bekar, E., A. Skoogh, N. Cetin and O. Siray. (2018). Prediction of Industry 4.0’s Impact on Total Productive Maintenance Using a Real Manufacturing Case. *Proceedings of the International Symposium for Production Research*, 136–149.
- Unver, H. O. (2012). An ISA-95-based manufacturing intelligence system in support of lean initiatives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65, 853-866.
- V. Mabert and A. Jacobs(1991), Integrated production systems: design, planning, control, and scheduling, Fourth. Narcoss, Georgia: Industrial Engineering Press,

Wagner, T., C. Herrmann and S. Thiede.(2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*. 63: 125–131.

Wasinee Noonpakdee, Thitiporn Khunkornsiri,(2018) A Framework for Analyzing and Developing Dashboard Templates for Small and Medium Enterprises, Conference: 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)

Weber A (2016) Automation and lean help magna stay flexible. *Assembly*. <http://www.assemblymag.com/articles/93268-automation-and-lean-help-magna-stay-flexible>.

Womack J. P., Jones D., (1996) From Lean Production to the Lean Enterprise, *Harvard Business Review*, Vol. 72 (2) pp. 93-103

Womack JP, Jones DT (1996) *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon and Schuster.

Yigitbasioglu OM, Velcu O(2012) A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems* ;13:41–59.