



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

**Riprogettazione dei processi
produttivi in ottica Lean**

**Redesign of productive process
from a Lean perspective**

Relatore: Chiar.mo
Prof. **Bevilacqua Maurizio**

Tesi di Laurea di:
Salvucci Martina

Correlatrice:
Ing. **Antomarioni Sara**

A.A. 2020/2021

INDICE

- INTRODUZIONE.....2
- PRIMO CAPITOLO:
 - CHE COS'È LA LEAN PRODUCTION.....4
 - OBIETTIVI E PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA LEAN PRODUCTION.....5
 - I PRINCIPALI STRUMENTI DELLA LEAN PRODUCTION.....7
- SECONDO CAPITOLO:
 - L'EVOLUZIONE IN OTTICA GREEN.....23
 - ARTICOLI.....24
 - CONFERENZE.....48
- TERZO CAPITOLO:
 - CONSIDERAZIONI CRITICHE.....50
 - ANALISI DEI DATI.....52
- CONCLUSIONE.....55
- BIBLIOGRAFIA.....57

INTRODUZIONE

Oggetto del presente lavoro di tesi è l'applicazione della metodologia Lean Production in chiave ambientale in diversi settori industriali.

Nata dalla necessità di far ripartire l'economia di un Paese piegato in ginocchio dalla Seconda Guerra Mondiale, negli anni questa metodologia si è espansa e si è imposta in tutto il Mondo, evolvendosi insieme alle necessità del mercato moderno. Proprio il carattere versatile e poliedrico ha permesso inoltre la sua applicazione in distretti aziendali molto differenti. La definizione della corrente Green&Lean Production unisce la sfera economica del profitto con quella della sostenibilità ambientale. Quest'ottica ha guidato la stesura del presente lavoro che mira a fornire un'esaudiente definizione di Green&Lean Production accompagnata da esempi di applicazioni della suddetta metodologia presenti nella letteratura scientifica.

In particolare nel primo capitolo viene effettuata una breve introduzione sul concetto di filosofia snella e la sua storia, i principi applicativi e gli obiettivi che essa si pone. Oltre a ciò, viene proposto un elenco riportante i principali strumenti che vengono applicati nella filosofia nipponica come la gestione a vista, il Kanban, la TPM e SMED ma anche il One Piece Flow, la FMEA, il Just in Time e la VSM.

Successivamente è stata analizzata l'evoluzione che questo concetto ha subito nel tempo in risposta anche alla crescente necessità di attuare maggiori politiche produttive sostenibili che ha portato alla definizione di Green&Lean Production. Dopo aver effettuato un'attenta analisi della letteratura scientifica, sono stati selezionati 24 articoli aventi come oggetto di studio la Green&Lean Production. Per ognuno di essi viene presentato un sunto iniziale, seguito da una trattazione più dettagliata della metodologia esaminata e dei risultati generici della sua applicazione o, come accade più spesso, in relazione al caso di studio presentato dall'articolo.

Nel terzo e ultimo capitolo è stata effettuata un'analisi critica della letteratura presa in esame nel suddetto lavoro, riportando considerazioni generiche sugli articoli e argomenti trattati. Sono stati descritti inoltre i principali limiti e punti deboli che si ritrovano con maggior frequenza nei lavori presenti in letteratura, poi evidenziati i risultati derivanti da questa ricerca e presentate delle statistiche sulle key words e sugli articoli stessi.

Per concludere ci sarà una breve disamina dei contenuti esposti, evidenziando con maggiore enfasi i risultati trattati nel terzo capitolo, accompagnati da alcune considerazioni finali.

PRIMO CAPITOLO

CHE COS'È LA LEAN PRODUCTION

La Lean Production, o Lean Manufacturing (termine coniato dai ricercatori del MIT), deriva dall'inglese produzione snella ed ha come obiettivo l'eliminazione di tutte quelle attività che non apportano un effettivo valore al cliente. Questo concetto può essere esteso a qualunque settore, poiché si parte dal concetto iniziale di "valore del cliente" che deve essere accresciuto eliminando tutte quelle attività che non generano valore e che nella filosofia snella vengono classificate come "muda" cioè "spreco". La Lean Production nasce in Giappone in contrapposizione alla produzione di massa (elevato volume produttivo, secondo una strategia di tipo PUSH, e scarsa attenzione alle esigenze del consumatore) da un'idea di Taiichi Hono e Shigeo Shingo nella seconda metà del '900. Applicata inizialmente nello stabilimento della Toyota, la Lean production seguiva le richieste del cliente tramite una produzione di tipo PULL, in cui il flusso produttivo viene trainato dal consumatore finale, riducendo i costi senza diminuire la capacità produttiva. La prima fase del processo Lean si basa sulla definizione del valore della produzione per il cliente, cioè la capacità del prodotto di risolvere i problemi, desideri o necessità del consumatore che lo portano a effettuare una scelta piuttosto che un'altra. La seconda fase è l'individuazione degli sprechi, identificati da Taiichi Ohno e conosciuti come i "sette sprechi":

1. Sovraproduzione: molto spesso questa attività viene svolta nell'ottica di migliorare il processo produttivo, riducendo così tempi di set-up e costi elevati che possono essere ripartiti su più articoli. Questa filosofia è utilizzata in maniera competitiva quando si hanno grandi volumi di produzione (a patto che essi rispecchino la domanda effettiva del cliente), come accade ad esempio per prodotti standard che non possono essere personalizzati. Nonostante ingegneristicamente sia una soluzione valida, la sovrapproduzione non rispetta i principi Lean, perché attività come immagazzinamento e set-up non accrescono il valore del cliente ma rappresentano una voce di costo per la quale il consumatore paga un prezzo maggiorato rispetto all'effettivo valore del bene.
2. Materie prime e semilavorati in attesa della lavorazione successiva: molto spesso i magazzini sono riempiti di questi articoli, basandosi principalmente su mere valutazioni economiche sul loro acquisto senza stimare a pieno il costo di stoccaggio che esso comporterà. Infatti le materie prime e i semilavorati non attualmente utilizzati dissipano

delle risorse, che siano economiche, di spazio (come accade nell'esempio del magazzino) o di altra natura, ed è proprio questo che va contro i principi di una produzione snella.

3. **Movimentazioni dei materiali:** spostare il materiale durante la produzione porta ad avere dei costi relativi all'effettiva movimentazione, come quelli per gli addetti che si occupano del trasporto o, in caso di un'industria più automatizzata, del sistema di movimentazione. Oltre a ciò, ci sono i costi legati al rischio di danneggiamento che il materiale ha, collegato soprattutto alla sua natura, e il costo temporale, cioè il tempo che è stato impiegato per la movimentazione invece di essere utilizzato per la produzione. Costi che possono essere evitati attuando degli accorgimenti insiti nella Lean Production rendendo disponibili delle quantità nelle celle di lavoro, oltre che con una buona riprogettazione delle linee produttive.
4. **Scorte:** esistono diversi tipi di scorte con differenti finalità quali proteggere l'azienda da eventi insoliti, rispondere rapidamente alla domanda o rendere più flessibile la produzione quando si tratta di scorte WIP. Per la filosofia Lean le scorte eccessive rappresentano un costo che non deve essere sostenuto dal cliente poiché, per quest'ultimo, non generano valore.
5. **Processare i materiali più del dovuto:** è un procedimento che deve essere evitato il più possibile perché allunga i tempi produttivi per operazioni non necessarie.
6. **Spostamenti del personale:** il fatto che il personale debba spostarsi per prendere strumenti o materiali rende la produzione meno efficiente rispetto ad avere celle di lavoro ergonomiche con tutto l'occorrente per la produzione. È proprio questa l'idea che si è sviluppata con la Lean Production in modo da evitare un allungamento dei tempi per attività che non creano alcun tipo di valore per il consumatore finale.
7. **Difetti:** i prodotti difettosi comportano un utilizzo di svariate risorse senza ottenere un ritorno poiché essi non possono essere venduti. L'obiettivo è quello di ridurre questa tipologia di sprechi effettuando dei controlli di qualità nei vari step per evitare a monte che, prodotti già difettosi, vengano lavorati anche a valle.

La terza fase della Lean Production consiste nell'eliminare, quando possibile, o ridurre gli sprechi appena analizzati tramite diversi strumenti che la Lean Production offre.

OBIETTIVI E PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA LEAN PRODUCTION

Gli obiettivi con i quali è nata la Lean Production sono da collegare al periodo storico che il Giappone stava vivendo. Dopo la Seconda Guerra Mondiale, infatti, il Paese

aveva la necessità di far ripartire le industrie con metodi semplici e a basso costo, che non si basassero sulla tecnologia. I giapponesi iniziarono a seguire le richieste dei clienti e “produrre ciò che serve quando serve” grazie alla riduzione del Lead Time e a una produzione con piccoli lotti orientata al “One Piece Flow”. Un ulteriore obiettivo che si pose la Lean Production, sempre legato al periodo di crisi che stava attraversando l’economia nipponica, fu quello di non creare eccessive scorte che avrebbero ridotto le liquidità aziendali e lo spazio in magazzino. Oltre a tutto ciò, l’obiettivo principale era ridurre gli sprechi per diminuire i costi senza compromettere la produttività, anzi aumentandola.

I principi fondamentali sui quali si basa la produzione snella sono riconducibili a 5 step:

1. Deve essere definito il valore che il prodotto ha per il consumatore finale, cioè qual è il valore che il cliente percepisce, per cosa è disposto a pagare e in particolare quali sono gli elementi ai quali l’acquirente attribuisce un maggior valore. Saranno proprio questi ultimi a guidare maggiormente il processo di Lean Production che si concentrerà nell’applicazione di metodi per implementarli.
2. Identificare il flusso del valore, cioè quali sono le fasi necessarie che portano il prodotto a ottenere il valore percepito dal cliente. In particolare la Value Stream Map (VSM) permette di individuare nel processo produttivo le attività che generano valore e quelle che invece sono semplicemente dovute a come l’azienda è organizzata o al tipo di tecnologie che utilizza. Quest’ultima categoria può essere divisa in attività che non creano valore ma che sono necessarie (come la programmazione della produzione o la gestione degli ordini) e quelle non necessarie (dovute ad esempio ad attese o tempi morti). Inoltre la VSM permette di rappresentare il layout e i flussi (sia fisici che informativi) allo stato attuale e in quello futuro (dopo aver eliminato gli sprechi individuati).
3. Far fluire il flusso delle attività appena identificate evitando interruzioni che aumenterebbero il Lead Time senza accrescere il valore del prodotto. L’obiettivo di questa fase è far sì che nel processo non ci siano code, rallentamenti o inefficienze dovute ai fornitori, a una gestione sbagliata delle priorità o degli attrezzaggi.
4. Attuare una logica di tipo “PULL” piuttosto che quella di tipo “PUSH”, cioè fare in modo che sia in primis il cliente a tirare il flusso produttivo senza basarsi su previsioni di mercato ma dando al consumatore ciò che vuole quando lo richiede. Per questo motivo le attività a monte del processo verranno effettuate solo quando saranno quelle a valle a richiederlo. Ciò è reso possibile tramite alcune metodologie come i Kanban e il Just-in-time.

5. Un miglioramento continuo (Kaizen) con l'intento di cercare sempre più la perfezione è alla base della filosofia snella. Quindi questo non vuol dire applicare semplicemente i metodi introdotti dal concetto di Lean Production ma continuare a valutare nel tempo le richieste del cliente, il cui concetto di valore è dinamico, e i relativi modi per abbattere i muda. In particolare il miglioramento continuo deve comprendere l'intera azienda, cioè partire dal vertice ma arrivare a toccare la base della piramide aziendale proprio perché la filosofia snella si basa sul rendere partecipi tutti i lavoratori.

I PRINCIPALI STRUMENTI DELLA LEAN PRODUCTION

Esistono diversi strumenti che permettono di attuare una produzione secondo la filosofia snella e devono essere scelti in base al tipo di azienda, all'impegno sia economico che temporale che essa vuole sostenere, all'obiettivo che vuole raggiungere e alla tipologia degli sprechi da abbattere. I principali metodi sono:

- **GESTIONE A VISTA**

Questo strumento serve per migliorare la gestione e standardizzazione dell'ordine, oltre a poter dare delle regole e procedure in modo più diretto. Ci sono vari metodi per applicare la gestione a vista, uno dei principali è riassumibile con la regola delle 5S. Questa metodologia ha come fattore cardine la pulizia e l'ordine del posto di lavoro, per questo motivo si basa su: Sort (smistare), cioè cercare di catalogare tutto il materiale che si ha nella propria postazione, togliendo tutto quello che non è necessario; Set-in-order (ordinare), cioè dare un ordine agli elementi appena divisi per rendere la catalogazione più efficiente e quindi poter subito trovare ed utilizzare gli oggetti; Shine (lucidare) inteso come tenere tutto pulito e pronto all'uso; Standardize (standardizzare), cioè fare in modo che queste operazioni vengano effettuate secondo dei criteri e dei tempi ben precisi; Sustain (mantenere), quindi cercare di rendere questo processo routinario. Nella prima fase del metodo, quella che riguarda lo smistamento degli oggetti nell'area di lavoro, si può applicare il "red target" che consente di individuare gli oggetti da eliminare dalla zona di lavoro tramite vari step. Il primo consiste nel delimitare l'area e quindi scegliere se applicare il metodo a tutta l'azienda o solo ad un'area produttiva. Successivamente si devono identificare i possibili oggetti secondo vari criteri quali il loro possibile utilizzo, la frequenza di utilizzo e la quantità di oggetti necessari per svolgere il lavoro. Si assegnano i cartellini agli elementi che verranno poi valutati e analizzando i risultati si

mettono tutti gli oggetti con il red target in un'apposita zona dell'area produttiva o del magazzino. Per quanto riguarda il secondo pilastro, quello dell'ordinare gli oggetti nella cella di lavoro, può essere effettuato seguendo il principio dell'economia del movimento che permette di minimizzare gli sprechi e trovarne le cause. Per controllare l'ordine creato in modo che tutto sia pronto all'uso si seguono cinque step: determinare gli obiettivi, le responsabilità, i metodi, il materiale necessario e applicare il metodo. Il concetto fondamentale è quello di responsabilità per quanto riguarda la pulizia e la postazione di lavoro. Per quello che concerne i metodi si possono utilizzare le schede delle 5S (vengono definiti i responsabili giornalieri delle differenti aree) e i 5 minuti (per far capire a tutti che la pulizia deve essere un'attività quotidiana). Oltre alle pulizie devono essere effettuate delle ispezioni per controllare il livello e la procedura di ordine, spesso tramite una check-list. La quarta regola delle 5S prevede la standardizzazione del processo, cioè rendere gli step precedenti un'abitudine quotidiana. Per effettuare ciò si possono determinare dei responsabili del processo, far sì che essi si integrino con le attività lavorative, che vengano controllati e mantenuti. Anche in questo caso ci sono vari metodi per standardizzare il processo come la scheda dei cicli di lavoro delle 5S, la tecnica dell'osservare e la check-list dell'azienda. Il quinto pilastro, a differenza dei precedenti, non può essere eseguito sulla base di metodi ben determinati ma si basa essenzialmente sulla creazione, da parte dell'azienda e del singolo dipendente, di condizioni che favoriscano il mantenimento di questo metodo.

Applicando la regola delle 5S, oltre ad aumentare la sicurezza dovuta a luoghi più puliti e ordinati, si migliora la soddisfazione del personale e quella del cliente nonché, grazie alla maggiore qualità del prodotto, si può ottenere una crescita aziendale.

Oltre al metodo delle 5S ci sono altri strumenti per applicare la gestione a vista come gli indicatori prestazionali (servono per visualizzare un processo o sistema produttivo con lo scopo di coinvolgere maggiormente chi sta svolgendo una determinata mansione, rendendolo più partecipe tramite la comprensione del valore che il suo operato ha sul risultato finale, gli indicatori possono essere svariati come i volumi o i tempi produttivi), le scorte e approvvigionamento dei materiali (rendono visivamente il livello di scorte o di riordino, spesso vengono realizzati tramite Kanban), controllo della qualità del processo (mostrano la capacità qualitativa che il processo ha per prevedere ed evitare degli scarti nel caso ci fossero dei problemi). Altri metodi riguardano la manutenzione (intesa come un insieme di attività che possono essere fatte per garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature per cui si può visualizzare la manutenzione tramite

dei piani, delle schede macchine o liste di ispezioni già avvenute) e attività di miglioramento (si può indicare in un tabellone le attività di miglioramento, gli obiettivi e i risultati ottenuti).

- **LAYOUT A CELLE DI LAVORO**

La produzione per celle o Cellular Manufacturing è appunto basata sulle celle, cioè unità di lavoro delimitate con un determinato numero di addetti e stazioni di lavoro per produrre articoli simili. Questa metodologia serve per risolvere problemi legati ad un layout di tipo funzionale, dove il prodotto passa tra i reparti, spesso distanti e non coordinati tra di loro, creando code all'ingresso. Le fasi per creare un layout per celle sono: identificare i prodotti e processi simili, costruendo le celle dopo un studio del flusso; progettare il processo valutando le dimensioni delle postazioni e dei lotti, il numero di addetti nella cella e il Takt Time; la fase riguardante il layout fisico della cella disponendo le stazioni in base a fattori come lo spazio e l'ergonomia. Gli effetti dell'applicazione di questo strumento sono l'aumento della produttività, della qualità del prodotto e del coordinamento tra le attività, oltre alla riduzione del Lead Time e delle scorte.

- **POKA-YOKE (o MISURE A PROVA DI ERRORE)**

Con Poka-Yoke ci si riferisce all'insieme delle tecniche che tendono a ridurre l'errore umano, dovuto soprattutto a disattenzione, durante il processo di lavorazione. Questo strumento serve per prevenire il fatto che ci siano dei prodotti difettosi a causa di errori evitabili durante la fase produttiva e soprattutto individuabili in quella progettuale. Ci sono essenzialmente tre tipi di Poka-Yoke: il metodo del contatto (si impediscono mancati malfunzionamenti o si individua la posizione corretta grazie alle caratteristiche fisiche proprie dell'oggetto), il metodo del valore fisso (si evitano gli errori controllando il numero di operazioni compiute) e il metodo delle fasi di lavoro (si controlla se le fasi del processo sono state eseguite nell'ordine corretto). Il beneficio principale derivante dall'utilizzo di questa tipologia di strumento è fare in modo che gli operatori possano sorvegliare il processo nella sua integrità e non il funzionamento della singola macchina. Gli effetti del Poka-Yoke sono l'efficientamento del processo e il supporto che esso offre al lavoratore durante le varie fasi produttive, oltre a ridurre i controlli da effettuare a fine produzione e a evitare che un errore si trasformi in scarto, che spreca risorse senza poter essere venduto.

- KANBAN

Questo metodo segue a pieno il pensiero snello in quanto permette di produrre solo quando è il processo a valle a richiederlo, eliminando così la sovrapproduzione. Kanban in giapponese significa scheda, infatti con questo strumento si identifica un prodotto con una scheda indicante l'origine, la destinazione e alcune informazioni descrittive del prodotto o componente stesso. Permettendo di attuare un sistema di tipo pull, gli operatori prelevano dal processo precedente le quantità di prodotto richieste nelle tempistiche specificate. Questo sistema è fondato sulla nozione di Supermarket per cui in un supermercato gli operatori devono posizionare i prodotti sugli scaffali affinché i clienti possano comperarli e di conseguenza dovranno anche rifornire i vari ripiani. Applicando questo concetto alla produzione si determinano i Supermarket in base al tempo di processamento e al Lead time accettabile, ottenendo così una sorta di buffer intermedi. Per evitare la sovrapproduzione di pezzi il numero di questi ultimi deve essere mantenuto "inalterato", cioè ogni volta che viene preso un prodotto o componente esso dovrà essere rifornito dalla stazione a monte. Questo procedimento viene effettuato tramite i Kanban per cui il contenitore dei prodotti può essere spostato solo se sono affisse al suo interno le schede, riportanti sempre le stesse informazioni quali la descrizione, il codice e la quantità del pezzo.

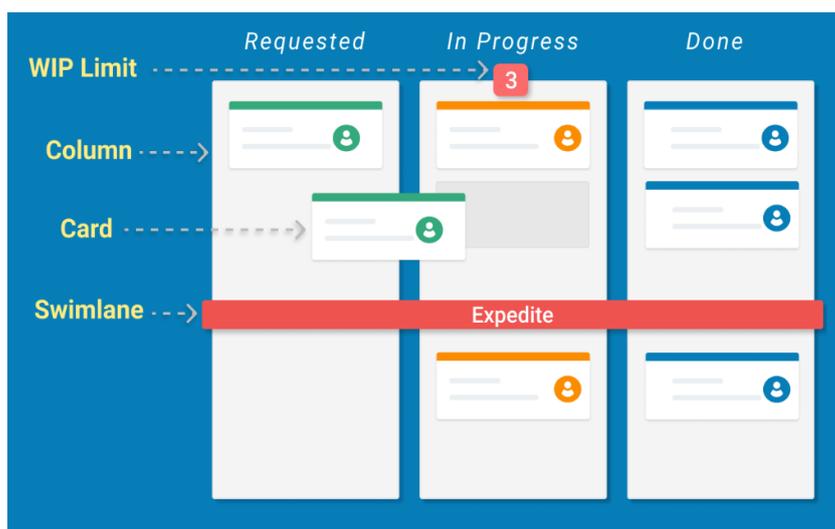


Immagine 1: Esempio di cartellino Kanban

I benefici derivanti l'utilizzo di questo strumento sono la riduzione delle scorte (più accurate), la possibilità di rispondere più rapidamente alle richieste del mercato e una programmazione più semplice.

Inoltre i Kanban possono essere utilizzati come strumento di gestione a vista affiggendoli su una lavagna, detta Kanban Board, per mostrare l'avanzamento del lavoro. In generale il metodo Kanban si basa su quattro principi e sei pratiche. Il primo è utilizzare sin da subito il Kanban perché essendo uno strumento versatile non è necessario effettuare cambiamenti al processo attuale prima di introdurlo, anzi sarà il metodo stesso, dopo la sua applicazione, a sottolineare quali cambiamenti valutare. Il secondo principio è che i cambiamenti saranno incrementali ed è per questo motivo che il Kanban, a differenza di altre tecniche più radicali, incontra solo una piccola resistenza al cambiamento da parte delle aziende, soprattutto quelle legate alla tradizione. Il terzo è il rispetto del processo precedente e di conseguenza dei ruoli e delle responsabilità già definite in modo da attuare il principio dei cambiamenti gradualmente. L'ultimo è incoraggiare la leadership nei vari livelli, secondo la mentalità del Kaizen.

La prima Pratica fondamentale è visualizzare il flusso per capire come far sì che un prodotto sia pronto per la consegna. Le colonne della lavagna sono i passaggi del flusso di lavoro mentre le schede Kanban sono gli oggetti di lavoro; è possibile dare una priorità ad alcuni rispetto ad altri dividendo la lavagna con una linea orizzontale chiamata Swimlane, come rappresentato nell'immagine.

La seconda consiste nel limitare i lavori in corso (WIP, Work in Process) che devono essere in una misura gestibile. La terza è dirigere il flusso, cioè il "movimento di oggetti di lavoro attraverso il processo di produzione" i cui spostamenti devono essere rapidi e scorrevoli. La quarta pratica è rendere esplicite le politiche di processo per coinvolgere maggiormente il personale che, conoscendo e condividendo ciò che è stato dichiarato, parteciperà più attivamente alle proprie mansioni. La quinta consiste nell'implementare i cicli di feedback tramite riunioni cadenzate nel tempo di breve durata a cui deve partecipare tutto il team, con lo scopo di ottenere una maggiore partecipazione attiva. Migliorare collaborando è l'ultima pratica su cui si basa il Kanban perché, affinché il cambiamento sia continuo e sostenuto nel tempo, nel team ci deve essere il rispetto della visione e una comprensione condivisa.

- MANUTENZIONE PREVENTIVA o TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)

Questo strumento ha lo scopo di rendere la capacità produttiva massima evitando perdite dovute a fermate, rallentamenti e cambiamenti nella qualità. Nella prima categoria

rientrano le perdite dovute a guasti, a set-up e a cambi nel processo. Le perdite di velocità sono quelle causate da micro-fermate o da una produzione con una velocità inferiore rispetto allo standard. La terza tipologia di perdita è quella dovuta a difetti e scarti. Il TPM si basa su cinque principi: il primo è monitorare e migliorare l'efficienza globale degli impianti (OEE, cioè Overall Equipment Effectiveness). Questo indicatore è dato dal rapporto tra il tempo ciclo ottimale (impiegato per produrre solamente pezzi senza difetti e che quindi ha generato un valore aggiunto) e il tempo totale della produzione. L'OEE è ugualmente visibile come disponibilità x efficienza x rendimento qualitativo. Il secondo principio è sviluppare la manutenzione autonoma, cioè quella dovuta alla partecipazione attiva dei dipendenti per quanto riguarda le attività che mirano ad avere impianti puliti, mantenuti e ispezionati regolarmente. Proprio con quest'ottica verranno limitati i possibili guasti e alleggerito il carico degli operatori addetti alla manutenzione poiché non dovranno occuparsi di attività ordinarie. Inoltre delegare la manutenzione "banale" solamente ai manutentori e non anche agli operatori porta a una perdita di informazioni come segnalazioni su piccoli problemi riscontrati che potrebbero ingigantirsi. Oltre a ciò i dipendenti non avvertono la loro responsabilità sulla qualità del prodotto finito e sui macchinari arrivando anche a ridurre la vita dell'impianto (se gli operatori non sono obbligati e formati per effettuare una manutenzione ciò potrebbe portare ad un utilizzo sbagliato del macchinario). Spesso per agevolare la manutenzione autonoma le aziende utilizzano una check-list da spuntare e con delle istruzioni dettagliate per guidare il dipendente nella manutenzione. Il terzo principio consiste nello sviluppare una manutenzione preventiva che è il passo successivo dovuto all'eliminazione di interventi evitabili tramite l'utilizzo di una manutenzione autonoma. Ci si avvale di strumenti per effettuare delle diagnosi sui macchinari e notare subito dei malfunzionamenti o future problematiche, evitando fermate dovute a guasti di macchinari che potevano essere attesi. La difficoltà maggiore è quando programmare la manutenzione preventiva, cioè qual è la frequenza che permette di evitare guasti o rallentamenti nella produzione. Per questo motivo spesso si utilizzano delle schede macchina per segnare le successive manutenzioni, stabilite inizialmente grazie al libretto di uso e successivamente tramite la manutenzione autonoma che effettua giornalmente una sorta di check-up, segnalando opportune anomalie. Queste informazioni sono inserite in un database e analizzate per decidere la frequenza delle manutenzioni tenendo conto anche del tempo medio del guasto e della riparazione. Il quarto principio è sviluppare la manutenzione migliorativa, cioè far sì che l'analisi dei guasti permetta di individuare gli elementi da migliorare

nell'impianto. Tutto ciò aumenta l'affidabilità del sistema, intesa come prestazione ed efficienza, ma anche come livello di sicurezza e diminuzione dei costi da sostenere per la manutenzione. L'ultimo principio è quello di prevenire la manutenzione: è il più difficile ma il più importante perché si devono prendere delle decisioni calibrate per la scelta, progettazione e utilizzo dell'impianto, valutandolo anche nel suo intero ciclo di vita.

- SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

Questo strumento serve per diminuire il tempo impiegato per il set-up e per il cambio di produzione. L'applicazione del Single Minute Exchange of Die (SMED) serve per migliorare la flessibilità del sistema aumentandone l'efficienza poiché la necessità di effettuare lotti con dimensioni minori e avere una produzione Just in Time evidenziano l'importanza della rapidità di operazioni essenziali come l'attrezzaggio dei macchinari. Un'ulteriore conseguenza di questa applicazione è l'assenza di eccessi di produzione che corrisponde agli obiettivi della filosofia Lean. Questa metodologia si fonda sull'attuazione di quattro fasi. La prima è analizzare in modo critico il processo di cambio per evidenziare quali sono le attività che potrebbero essere effettuate in contemporanea alla lavorazione, cioè quando il macchinario è ancora operativo. Quindi come punto di partenza si dividono le attività da effettuare in due categorie: IED (quelle che possono essere effettuate solo quando il macchinario è fermo) e OED (le attività che possono essere svolte con la macchina in azione). In particolare per ogni attività si valuta il tempo impiegato, da chi viene svolta e con quali strumenti, come viene effettuata (cioè si fa una descrizione), a quale categoria appartiene, quali sono le parti critiche o da migliorare. La fase successiva consiste nel trasformare attività IED in OED quando possibile, ottenendo così una buona diminuzione del tempo di set-up, un esempio banale potrebbe essere quello di preparare gli strumenti e tenerli più vicini. Nella terza si analizza e si studia cosa modificare per migliorare la trasformazione delle attività appena individuate da IED a OED. In base all'esempio già visto si potrebbe ideare un'area di lavoro ergonomica con utensili ordinati secondo il loro utilizzo nell'attività in analisi. L'ultima fase è l'ottimizzazione della sequenza e dei metodi operativi delle IED, nell'esempio precedente questo è possibile tramite la standardizzazione delle attrezzature.

- TAKT TIME

Il termine Takt nasce in Germania nel 1926 nella produzione aeronautica ed acquisisce il significato di ritmo, tempo di ripetizione. Il Takt Time è diventato uno strumento

fondamentale nella Lean Production perché permette di rispondere tempestivamente alle richieste del cliente, seguendo la logica del Just-in-Time.

Il Takt Time è il tempo impiegato per produrre un componente o prodotto. Può essere calcolato come il rapporto tra il tempo di lavoro totale disponibile (senza considerare le pause programmate) per giorno e le richieste giornaliere dei clienti, se l'orizzonte temporale definito è di un giorno. La decisione di quest'ultimo è un punto fondamentale perché il Takt Time si basa su due grandezze con un andamento imprevedibile per quanto riguarda gli acquisti futuri quindi scegliere il lasso temporale nel quale prendere le grandezze in esame permette di dare valori più precisi. Per questo motivo solitamente si parte da periodi medio-piccoli che permettono di delineare un andamento confrontabile periodicamente con quelli ottenuti precedentemente.

L'inverso del Takt Time è invece il Throughput, calcolato appunto come il rapporto tra le esigenze di produzione e il tempo di lavoro disponibile. Il Takt Time non deve essere confuso con il Tempo Ciclo Manuale Totale o Cycle Time, cioè il tempo necessario per completare il processo. Da esso si può ricavare il numero di operatori richiesto per terminare il processo produttivo. Questo numero viene calcolato come il rapporto tra il Tempo Ciclo Manuale Totale e il Takt Time, in base al suo valore si può valutare la stabilità della cella che si sta analizzando. Per cui se il personale nella stazione in analisi è maggiore di quello necessario si avrà una produzione instabile e si dovranno eliminare le cause dei fermi linea, mentre se è uguale al personale necessario, la produzione sarà stabile.

Dopo aver calcolato tutti i tempi si può procedere con una serie di considerazioni. La prima è che il Takt Time debba essere maggiore del Cycle Time per ogni macchinario, altrimenti bisogna individuare le attività che non apportano un valore. La seconda è la valutazione della stabilità che il processo ha e l'ultima è standardizzare i risultati ottenuti per cercare di mantenerli nel tempo.

- **SIX SIGMA**

Questo strumento si fonda su statistiche e dati con lo scopo di eliminare i difetti presenti nei beni o servizi e più in generale nel processo. Per parlare di Six Sigma bisogna partire dal concetto di deviazione standard, definito come "la distribuzione media delle variazioni all'interno di una popolazione o set di dati"

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}}$$
 dove “X” rappresenta il valore all’interno della distribuzione, “ \bar{X} ” il valore medio della distribuzione e “n” il numero dei campioni

In questo caso la deviazione standard fa riferimento a dati che possono essere espressi come se fosse una distribuzione normale. Infatti il nome dello strumento deriva dall’area sottostante la curva di distribuzione normale, la cui totalità è appunto di sei sigma dal centro. Ci sono due metodi per applicare il Six Sigma cioè il DMADV (acronimo di Define, Measure, Analyse, Design e Verify), che ha lo scopo di aiutare nella progettazione di un nuovo prodotto basandosi sulle esigenze che il cliente ha, e il DMAIC (che sta per Define, Measure, Analyse, Improvement e Control), che invece ha l’obiettivo di migliorare processi già esistenti tramite statistiche per ridurre i difetti.

I vantaggi derivanti dall’applicazione di questo metodo sono molteplici. In primo luogo si aumenta la fidelizzazione del cliente tramite la vendita di prodotti funzionali e meno soggetti difetti che accrescono la soddisfazione del cliente e la sua percezione. Successivamente l’azienda ottiene una gestione temporale più efficiente che porta alla riduzione dei tempi ciclo. Oltre a ciò l’applicazione del Six Sigma coinvolge i dipendenti, che sono più motivati dalla condivisione dell’obiettivo e degli strumenti, rendendo più semplice ed efficace lo sviluppo di una strategia. Proprio in questo ambito utilizzare lo strumento del Six Sigma permette di focalizzarsi sulle aree di miglioramento trovate precedentemente dell’analisi SWOT (Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats). Un ulteriore vantaggio derivante dall’applicazione di questo strumento è quello di migliorare la gestione dei fornitori, perché ridurre i difetti porta anche a ridurre il numero dei fornitori e mantenere solamente i più affidabili, sia in termini di qualità che di tempistica delle consegne.

Quando questa metodologia viene applicata alla filosofia snella si ha l’obiettivo di garantire la qualità dei processi produttivi, cercando di eliminare il più possibile gli sprechi.

- VSM (VALUE STREAM MAP)

Questo strumento serve per visualizzare graficamente la catena del valore, cioè tutte quelle operazioni che producono il valore attribuito dal cliente. Quest’ultimo deve essere individuato seguendo le varie operazioni di cui si compone il processo produttivo. Per fare quest’analisi bisogna andare direttamente sul posto (*gemba* in giapponese), quindi

nei reparti e negli impianti in cui si svolgono le varie funzioni. Per iniziare la mappatura del processo si parte dal fornitore e si arriva alla consegna del prodotto finito, quindi si prendono in esame tutte le fasi necessarie alla realizzazione del prodotto. I flussi principali attraverso i quali scorre il prodotto sono divisibili in due categorie: Engineer e Production. Nella prima vengono mappate tutte quelle attività che vanno dall'ideazione del prodotto alla produzione stessa mentre la seconda classe comprende le operazioni che iniziano con l'arrivo della materia prima e terminano con la consegna del prodotto. Per poter applicare correttamente la VSM è necessario tenere conto di alcuni indicatori quali: il Takt Time, il livellamento del volume, la schedulazione della produzione e un flusso continuo. L'utilizzo di questo strumento si divide in due fasi, vengono effettuate una Current State Map o CSM (per rappresentare il prodotto nel flusso di valore) e una Future State Map (per esprimere come sarà il prodotto nel flusso di valore).

La prima è progettata partendo dal flusso delle informazioni che fornisce la Time Line (come linea tra i process box e le scorte) per determinare il Lead Time della produzione. Oltre a ciò permette di visualizzare i collegamenti tra le aree interne della produzione e quelle di clienti/fornitori. La seconda, la Future State Map, si basa sul miglioramento della prima, per cui si cercano di eliminare dei difetti nel flusso per renderlo più affidabile.

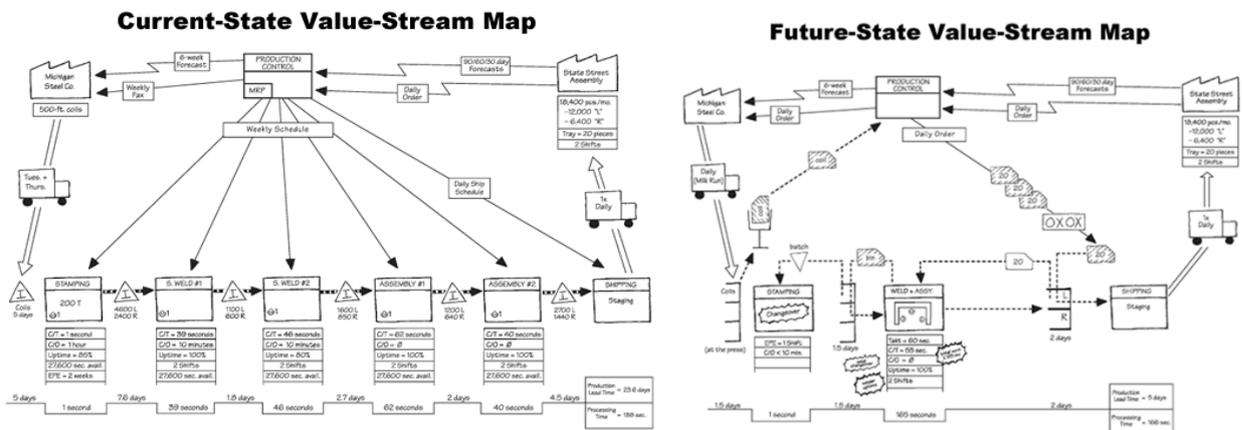


Immagine 2 e 3: Esempi di Value Stream Map rispettivamente nello stato attuale e futuro

Per fare ciò si utilizzano dei parametri come i tempi di set up, le scorte, l'affidabilità dei macchinari e il Takt Time. L'obiettivo di questa seconda mappatura è quello di velocizzare ed efficientare il ciclo per renderlo più flessibile alle richieste dei clienti, senza perdere in economicità e qualità. I passi operativi per creare la VSM sono l'individuazione dei fornitori (nella data box vengono inseriti anche i tempi e lotti di

consegna, l'affidabilità del fornitore), dei clienti (con le rispettive richieste come dimensione del lotto e tempo di consegna) e il controllo di produzione. Successivamente le informazioni raccolte vengono inserite su una mappa, vengono disegnati i collegamenti di movimentazione esterna (con la modalità di trasporto e la frequenza), le operazioni costituenti il processo e i parametri produttivi con il numero di operatori. Ulteriori passi sono la visualizzazione grafica del flusso delle informazioni, descrivendo la funzione e inserendo tra le operazioni le icone di flusso PULL e PUSH, e disegnare le aree di accumulo, specificando la quantità dei pezzi e le tempistiche. Naturalmente occorre dare alla mappatura un orizzonte temporale tramite la Time-line in cui sono riportati i Lead Time e gli Inventory Time, successivamente si calcolano i tempi ciclo, il tempo totale di produzione e l'indice di flusso (dato dal rapporto tra il primo e il secondo) che dà un'indicazione sull'efficienza del processo.

La Value Stream Map utilizza regole e simboli standard, per essere più comprensibile per tutti, oltre a prevedere la raccolta di dati direttamente dal gembu.

I principali vantaggi nell'utilizzo della VSM sono l'identificazione di potenziali opportunità di miglioramento e la facilitazione nella scelta tra le attività alle quali dare priorità. Per migliorare il processo produttivo occorre infatti avere una buona conoscenza dello stesso, che si può acquisire costruendo la Current State Map.

Per creare la VSM si necessitano di alcune informazioni iniziali come il flusso di valore stimato grazie alla CSM, la definizione della parte di personale coinvolto nella generazione del flusso di valore con le relative competenze ed esperienze. Naturalmente è essenziale essere a conoscenza della presenza o meno di limiti nel miglioramento come ad esempio parti del processo o di infrastrutture che non possono essere modificati. Inizialmente si genera una prima bozza raccogliendo per ogni fase il valore dei tempi ciclo e di attrezzaggio, il numero di operatori, le unità adibite a carico/scarico, la dimensione del lotto con relativa difettosità e l'efficienza, effettuando un controllo sul posto per valutare la mappatura.

I vantaggi della gestione del flusso di valore sono dati dal fatto che il sistema di VSM è orientato agli obiettivi ed è basato quindi sul miglioramento continuo. Lo scopo della Value Stream Map è quello di basarsi sul flusso di operazioni necessarie per completare il prodotto ed evidenziare le cause di sprechi e ritardi, scorte eccessive o altre interruzioni che potrebbero ostacolare il fluire delle attività. Oltre a ciò, la VSM è uno strumento utilizzato anche per far comprendere a tutto il personale gli sprechi identificati e quali sono gli aspetti efficienti nel flusso, rendendo i lavoratori più partecipi del processo.

Inoltre la Value Stream Map permette di mostrare visivamente il collegamento esistente tra flussi di materiale e di informazioni. In particolare l'utilizzo di questo strumento permette di visualizzare e migliorare: il flusso dei materiali (dalla materia prima al prodotto finito), delle informazioni, delle persone e delle attività (intese come sotto fasi del processo produttivo) oltre alla linea del tempo utilizzata per dividere le attività a valore aggiunto da quelle che non apportano valore per il consumatore finale.

Naturalmente esistono anche degli svantaggi quali il rischio di effettuare una mappatura troppo vasta che potrebbe diventare un procedimento oneroso e con tempistiche lente, che molto spesso scoraggiano l'attuazione dello strumento.

- FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS)

Questo strumento serve per trovare i difetti in un processo o prodotto (failure mode) e l'impatto che esso ha (effect). È collegabile alla metodologia Six Sigma. Ci sono due tipi di applicazioni complementari: la FMEA di progetto (D-FMEA) e la FMEA di processo (P-FMEA). La prima è usata per sottolineare e correggere delle parti del progetto che possono causare criticità nell'utilizzo del prodotto mentre la seconda evidenzia e corregge le parti del processo che potrebbero diminuire la qualità del prodotto. Questo strumento si basa su cinque fasi applicative. La prima è una fase preliminare da effettuare in preparazione della FMEA per cui si raccolgono dati ed informazioni oltre a compiere scelte riguardanti il tipo di applicazione, il gruppo di lavoro e gli obiettivi da raggiungere. Successivamente si ha la fase qualitativa che serve per analizzare le modalità secondo le quali può avvenire il guasto. Essa comprende la scomposizione del sistema, l'individuazione delle cause, dei modi e degli effetti del guasto e la valutazione dei controlli. La terza è la fase quantitativa, quella in cui si definiscono gli indici di rischio e, in base ad essi, le priorità. Occorre scegliere delle scale di valutazione per misurare la probabilità (P), la Gravità (G) e Rilevabilità (R) oltre a calcolare l'Indice di Priorità del Rischio (IPR). La fase correttiva si basa nel definire delle azioni per ridurre i rischi individuati per cui comprende degli interventi raccomandati, oltre a dover stabilire la tempistica e di chi sia la responsabilità delle azioni da effettuare. L'ultima è la fase di valutazione finale che permette di determinare l'efficacia delle azioni e di aggiornare la FMEA per definire i prossimi passi.

I vantaggi derivanti dall'applicazione della FMEA sono molti. In primo luogo possiamo trovare l'identificazione dei guasti prima che essi avvengano o le cause che li hanno scatenati. Successivamente permette di effettuare delle azioni correttive per evitare gli effetti dei danni o preventive nel caso non siano ancora avvenuti. Si può valutare quali sono gli effetti dei guasti sul soddisfacimento del cliente e i vari indici di rischio che permettono di dare delle priorità alle azioni correttive o preventive da effettuare. Applicare sistematicamente questa metodologia consente di mappare i vari elementi secondo la loro qualità per il cliente, i guasti e le fasi per intervenire, con lo scopo di analizzare i dati creando una memoria tecnica.

- ONE PIECE FLOW

Questo strumento si basa sull'adattamento del processo produttivo da una produzione di massa ad una trainata dalle richieste del consumatore finale, da una produzione per grandi lotti ad una con lotti di dimensioni sempre più piccole. Di conseguenza vengono ridotte le scorte e aumentata l'efficienza del processo produttivo. L'obiettivo dell'applicazione del One Piece Flow è quello di eliminare le attese e il numero di WIP, cioè prodotti che devono terminare la lavorazione. Una conseguenza che deriva da questo tipo di approccio (eliminazione di scorte e giacenze intermedie tra i processi) è appunto la rapidità nella conversione dell'impianto produttivo, a prescindere dal volume da produrre. L'applicazione di questo metodo porta alla riduzione dei tempi, sia di lavoro che di attrezzaggio, delle scorte in produzione. Inoltre si migliora il monitoraggio del flusso dei materiali e si ha un'eliminazione dei colli di bottiglia dovuti all'attesa di grandi lotti che necessitavano di lavorazioni da parte di processi a valle.

La necessità di soddisfare questi requisiti viene legata alla flessibilità dell'impianto produttivo spesso automatizzato o adattato per eliminare tutte quelle attività che non producono valore per il consumatore finale. Le aziende che applicano questo tipo di strumento possono avere una gamma più ampia di prodotti perché sono in grado di effettuare rapidamente l'attrezzaggio dei macchinari, oltre che di seguire meglio l'andamento del mercato rispetto a chi ha una produzione di massa basata sulle stime di vendita. Nonostante ciò il processo è fluido perché non si considerano più separatamente le fasi produttive, effettuate in reparti specializzati, ma viene valutato il processo nella sua interezza. Vengono utilizzate differenti macchine, localizzate in base al flusso produttivo, che hanno un costo inferiore rispetto ai macchinari della produzione di massa

e che sono più semplici e veloci per il riattrezzaggio. Naturalmente, oltre ai diversi tipi di macchinari, con questo passaggio ad una produzione One Piece Flow è cambiata anche la figura dell'operatore che non deve essere più vincolato ad effettuare un lavoro di supporto alla macchina, ma che svolge ruoli di gestione del macchinario in maniera autonoma. Seguendo questa logica, inoltre, si dà più importanza alla qualità che alla quantità, per cui vengono aumentati i controlli effettuati durante la produzione, per evitare di utilizzare risorse su prodotti già compromessi.

Scendendo nel particolare, per One Piece Flow si intende il flusso lavorativo per la produzione di un unico pezzo. La prima cosa da fare è prendere i tempi di ogni fase e vedere quali devono essere compiute per forza quando la macchina è spenta. Successivamente bisogna eseguire l'intero ciclo per il primo prodotto e solo quando si è finito procedere con il secondo. Poiché il processo deve essere svolto nella sua interezza è importante che la postazione dell'operatore sia più confortevole ed ergonomica possibile, oltre a fargli evitare movimenti non necessari, che sarebbero solamente uno spreco di tempo. Inoltre è necessario cercare di non effettuare dei buffer, che spesso portano a degli errori umani dovuti ad esempio ad una mancata lavorazione, che si trasformano in pezzi difettosi da eliminare o da rilavorare quando possibile.

- HEIJUNKA

Questo strumento permette di livellare la produzione con lo scopo di rendere più equilibrato il carico di lavoro assegnato alle celle produttive e di conseguenza di minimizzare le fluttuazioni della fornitura, regolando il flusso produttivo. Per questo motivo il metodo si basa sul livellamento del volume e del mix di produzione. Il primo fattore viene ricavato dalla distribuzione della produzione in modo uniforme nel tempo e dipende dal mix produttivo. Applicando questo strumento si ha una distribuzione uniforme di vari fattori come il personale, i materiali e le movimentazioni perché Heijunka utilizza un tabellone creato attraverso diverse fasi.

La prima consiste nel definire i tempi di consegna dividendoli da settimanali a giornalieri. Nella seconda fase bisogna individuare i tempi di prelievo, stabilendo anche quelli di intervallo. Successivamente si posiziona il tabellone nell'area di spedizione dove con una tecnica simile a quella del Kanban si prelevano i cartellini. Come quinto passo, prima di iniziare la produzione, un addetto prende dal magazzino le materie prime e le porta alla cella, effettuando questa fase ogni volta che vengono prelevati dei prodotti finiti.

Successivamente prende la scheda dal tabellone e, nell'orario prestabilito, preleva i prodotti finiti. La settima fase è lo spostamento del cartellino "produrre" dal prodotto finito al contenitore nella linea, per programmare la cella di produzione. Una volta effettuata la produzione l'addetto prende i prodotti finiti e riporta il cartellino "prelevare" nel cartellone. Se durante il prelievo dei prodotti finiti essi non corrispondono alle quantità indicate l'addetto posizionerà nel contenitore un cartellino di "ritardo". Una volta recuperato il ritardo, il cartellino sarà spostato nell'ultima postazione e successivamente posizionato sulla rulliera insieme ai prodotti finiti e al cartellino "produrre". Come ultimo passo i prodotti finiti vengono spostati nel corridoio di spedizione, solitamente raggruppati in base ai clienti.

I vantaggi nell'applicazione di questo metodo sono la riduzione della quantità dei prodotti, del Lead Time e del capitale immobilizzato in merci ma si ha anche un miglioramento nella pianificazione delle celle di lavoro. Infatti questo strumento si fonda proprio sul concentrare tutta la produzione in piccoli lotti di prodotti che sono più facili da pianificare e da realizzare secondo la qualità richiesta.

- JUST IN TIME

Il Just in Time consiste nel produrre solo quello che è richiesto quando viene richiesto, seguendo così l'obiettivo della filosofia Lean di ridurre gli sprechi. Questi ultimi, nell'ottica del Just in Time, appartengono a varie categorie. I primi sono i difetti che devono essere eliminati partendo dalle cause, successivamente ci sono le giacenze che vengono viste come il risultato di una progettazione inadeguata, con attività non coordinate tra di loro e in generale come il frutto di una gestione non efficiente del sistema produttivo. Un'altra tipologia di spreco è il tempo impiegato per effettuare il set-up, di cui viene riconosciuta l'importanza, ma che sottolinea come esso possa essere nullo con un lotto di dimensione unitaria. Poi si hanno i Lead Time che devono essere più brevi come conseguenza di quest'ultimo punto e della riduzione dell'orizzonte temporale di previsione. Un ulteriore spreco che il Just in Time punta a eliminare è quello dovuto alle movimentazioni di materiale tramite la riprogettazione del processo o del prodotto attraverso tecniche come la Design for Assembly, la Design for Manufacturability o la Cellular Manufacturing. Successivamente per ridurre gli sprechi bisogna evitare il più possibile i guasti, tramite la manutenzione, e creare dei lotti unitari che riducono il tempo

di set-up. Per fare ciò il Just in Time richiede risorse flessibili quali manodopera (intesa come personale multifunzionale e di numero variabile) e apparecchiature (macchine multifunzionali), famiglie di prodotti (per cui la Group Technology permette di identificare le classi di prodotti riducendo le duplicazioni nel progetto di prodotto). Oltre a ciò è molto importante la relazione con il fornitore, spesso se ne scelgono pochi e che utilizzano anch'essi il JIT, con i quali instaurare un rapporto duraturo.

I vantaggi derivanti dall'applicazione di questo metodo sono un aumento della produttività del lavoro, che si raddoppia, e della qualità; la diminuzione del time to market e la riduzione del 90% dei tempi di attraversamento e del livello della giacenza. Oltre a questo si ha una riduzione dei costi, dello spazio, del Lead Time, un miglioramento della flessibilità della produzione, delle relazioni con i fornitori e semplificazione della programmazione e del controllo.

SECONDO CAPITOLO

L'EVOLUZIONE IN OTTICA GREEN

Un'evoluzione della filosofia Lean è dovuta al principio di continuo miglioramento (Kaizen), che spinge chi applica gli strumenti della Lean Production a ricercare sempre di più nuove soluzioni per accrescere il valore percepito del cliente. Negli ultimi anni a questo scopo si è unita la necessità di avere una produzione più attenta all'ambiente. Infatti nell'ultimo decennio sta aumentando notevolmente l'importanza data alla natura, soggetta a grandi cambiamenti causati soprattutto da un eccessivo sfruttamento delle risorse e dal conseguente inquinamento. Per questo motivo i governi mondiali stanno attuando politiche incentrate sulla sostenibilità ambientale. Questi temi rientrano in parte nella filosofia nipponica, che già cercava di limitare gli sprechi, seguendo un fine economico che in questo caso corrisponde anche a quello ambientale: evitare uno sfruttamento dannoso delle risorse. Tutto ciò porta a ottenere quella che è stata definita Green&Lean Production o Clean Production. Un altro fattore molto importante da considerare nell'applicazione di queste idee all'interno delle aziende che già utilizzano una produzione Lean, è proprio l'importanza che questi temi stanno acquisendo per i loro clienti. Infatti, produrre beni o fornire servizi con un'attenzione crescente nei confronti del Pianeta rientra tra le richieste di una vasta gamma di consumatori, che, in alcuni casi, sono disposti a pagare un sovrapprezzo e a preferire un bene con queste qualità rispetto a uno simile ma non prodotto seguendo una filosofia Green. Nata in parte come una moda, sta diventando uno stile di vita per molte persone e di conseguenza ciò si rispecchia nelle preferenze dei consumatori. Dall'andamento del mercato le aziende stanno capendo l'importanza di utilizzare processi produttivi che rispettino l'ambiente, come quelli basati sull'utilizzo di energie rinnovabili, o usando materie prime naturali, come accade per il mercato biologico. Naturalmente l'obiettivo di ridurre il più possibile l'impatto ambientale della produzione non deve inficiare la qualità e la sicurezza del prodotto.

L'attenzione all'impatto ambientale che un'azienda ha è correlabile anche all'immagine riesce a dare di sé, la quale influenza notevolmente il valore che il consumatore percepisce. Oltre a ciò, come già detto, queste tematiche stanno anche influenzando le politiche mondiali per cui alcuni Stati potrebbero incentivare, anche grazie a strumenti economici e sgravi fiscali, procedure di questo genere. Molto spesso scegliere delle soluzioni Green per le attrezzature porta ad avere dei macchinari che utilizzano motori con un'efficienza maggiore o che hanno bisogno di meno carburante, riducendo così il

costo dell'intero ciclo di vita. Un altro fattore su cui si basa la Green&Lean Production è la formazione di operatori sempre più attenti agli standard con cui devono operare, per ridurre i difetti e gli sprechi di materiale, ma anche per far sì che la vita utile delle attrezzature non si riduca per errori umani durante il loro utilizzo.

Molto spesso per effettuare dei cambiamenti e migliorare la propria azienda seguendo la teoria della Green&Lean Production bisognerà riprogettare delle parti dei processi produttivi. Questo può accadere semplicemente tramite l'utilizzo di energia verde, prodotta ad esempio con pannelli solari posizionati sopra il tetto dello stabile, ma anche attraverso il riutilizzo di materiali derivanti dal processo produttivo che prima venivano considerati come scarti.

Uno dei primi svantaggi a cui si può pensare, che sta di fatto limitando l'applicazione di questo metodo, è il "sovrapprezzo" iniziale. Ciò è spesso dovuto al costo che l'impresa deve sostenere per rendere il processo più attento all'ambiente rispetto a quello che si avrebbe per un procedimento analogo, ma meno Green. Oltre a ciò, un altro grande punto a sfavore è la penuria di competenze che si ha nella produzione sostenibile, nonostante stia aumentando il numero di persone che si avvicina a tali settori. Fortunatamente questi primi aspetti negativi stanno diminuendo grazie a un aumento della presa di coscienza da parte dei consumatori; di conseguenza anche i grandi attori di mercato si stanno adattando a questa nuova ottica.

Essendo un'evoluzione della Lean Production anche i suoi strumenti si sono adeguati a questo cambiamento, molto utilizzati sono ad esempio il Green Kaizen, la Green Performance Map e la Sustainable Value Stream Map.

In conclusione si può affermare che oltre ai risparmi energetico-ambientali la Green Lean Production rappresenti un grande stimolo all'innovazione dei processi produttivi.

ARTICOLI

L'obiettivo dell'articolo "Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean&Green manufacturing" è stimare l'applicabilità degli strumenti Lean e l'impatto che essi hanno sulla Green Performance. Inizialmente si è analizzata la letteratura relativa a questo ambito dove si è concluso che non sempre l'applicazione di strumenti come il Just-in-Time determina una diminuzione dell'utilizzo di energia.

La metodologia è stata applicata a un'azienda brasiliana che lavora nel settore delle costruzioni, delle infrastrutture e dell'agricoltura. Si è studiata una particolare classe di prodotti composti da 7 tipologie di componenti. Il metodo utilizzato propone di definire degli indicatori L&G KPIs (Key Performance Indicator), in particolare nel caso studio sono stati usati dei dati forniti dall'azienda, e di applicare la VSM. In questa seconda fase infatti si mappa lo stato attuale, effettuando anche delle simulazioni attraverso dei modelli DES (Discrete-Event Simulation) che permettono di valutare dinamicamente gli effetti e le varie interazioni, in particolare nel caso studio è stato utilizzato il software Simio. Nella terza fase ci si concentra sullo stato futuro e si risolvono i problemi riscontrati nei passaggi precedenti che per l'azienda brasiliana sono i costanti fermi e il dimensionamento dei lotti. La prima difficoltà è dovuta alla mancanza di materiali nella linea di assemblaggio mentre il secondo problema è dato dal fatto che la dimensione del lotto dipende dal tipo di componente e questo porta ad avere delle perdite, delle rimanenze nelle celle e degli scarti. Come ultimo step si analizzano e discutono i risultati appena trovati che per il caso studio sono stati la riduzione del Lead Time e del numero di WIP ma si è avuto anche un aumento del numero e del tempo di set-up. Questi ultimi potrebbero essere ridotti tramite l'utilizzo di un livello minimo di Kanban che però farebbero aumentare i WIP. Per quanto riguarda l'impatto ambientale sono diminuiti il consumo di materie prime e di energia ma è aumentato l'utilizzo di acqua, strettamente collegato al set-up. [29]

L'articolo di Silva e collaboratori effettua una ricerca nella letteratura trovando varie evidenze sia a favore del fatto che applicare tecniche Lean equivalga ad avere un approccio Green sia articoli che evidenziano la non correlazione tra le due filosofie. Successivamente lo studio si concentra su alcuni strumenti Lean come il Kaizen, che permette di creare un focus sull'eliminazione degli sprechi nel processo, e la TPM (Total Production Maintenance), che mira a ridurre i difetti con conseguente diminuzione di materiali grezzi, energie e sprechi legati agli scarti. Si ha poi l'analisi, come caso studio, di un'azienda portoghese, in particolare il sistema di saldatura meccanizzato.

Andando più nel dettaglio della metodologia applicata sono stati identificati gli sprechi per aumentare l'efficienza produttiva e ridurre i costi, sia economici che ambientali, generati da scarti, emissioni e utilizzo di energia. In particolare l'analisi effettuata ha permesso di trovare difetti (dovuti ad esempio a macchinari non allineati o alla necessità di accordare i parametri di saldatura con la temperatura ambiente) e alti tempi ciclo che

portavano ad attese e sovrapproduzione. I primi sono stati diminuiti tramite la TPM e la Jidoka mentre i secondi utilizzando il Kaizen.

I risultati ottenuti sono una diminuzione del 33% del tempo ciclo, del 38% del consumo di energia e del 66% degli scarti (che corrisponde economicamente a una riduzione di 1000 €/mese). In particolare la media giornaliera di lavorazioni è passata da 1,5 ore a 0,5 ore che hanno portato ad avere un minor consumo energetico, oltre a minori emissioni di gas e fumi. Un ulteriore risultato è stato quello relativo alla riduzione media del 30% delle materie prime e del 70% dei prodotti chimici usati per la pulizia. Applicando quindi degli strumenti Lean si sono avuti dei vantaggi ambientali e ci si attende un ritorno dell'investimento, dovuto alla riduzione dei costi, nel breve-medio termine. [30]

Nell'articolo "Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance" si introduce la nuova metodologia Overall Greenness Performance per Value Stream Map (OGP-VSM) con lo scopo di integrare, misurare, controllare e migliorare la produttività rispettando l'ambiente e tenendo conto del conteso aziendale. La OGP-VSM è stata anche applicata, per poter essere validata, a un caso studio di un'azienda spagnola nel settore automotive, in particolare nella realizzazione dei paraurti. Inizialmente l'articolo analizza la letteratura, focalizzandosi soprattutto sugli studi che trovano una correlazione tra l'applicazione degli strumenti Lean e un miglioramento ambientale. Dopo aver elencato i vantaggi che le aziende avrebbero se attuassero politiche produttive che rispettino l'ambiente, l'articolo passa in rassegna varie metodologie Lean (Poka-Yoke, Total Quality Management, Kanban, Takt Time, Kaizen, 5S e Value Stream Mapping).

Per costruire la OGP-VSM i ricercatori sono partiti da un modo per legare la performance produttiva con quella ambientale, hanno cioè utilizzato gli OGP, una scala gerarchica di parametri che collegano l'utilizzo delle risorse aziendali con sprechi ed emissioni, permettendo la classificazione dell'azienda in diverse categorie. Unendo ciò alla VSM si può rappresentare in modo visivo il flusso del processo che parte da materiali grezzi e arriva al consumatore finale. Prima di effettuare la Current State Map si devono definire la famiglia di prodotto e i confini organizzativi. Per questa fase bisognerà avere a disposizione dati come componenti, risorse e step del processo, oltre a dover decidere anticipatamente i parametri ambientali e Lean. Successivamente si individuano gli sprechi, basandosi sulle 7 categorie identificate da Taiichi Ohno, e si decide cosa

implementare. Lo sviluppo della parte Lean viene effettuato tramite One Piece Flow, Takt Time e Pull Flow (quando il flusso non è continuo) mentre in concomitanza si effettua un'analisi Green per controllare gli effetti sull'ambiente. Infatti se lo spreco è aumentato occorre effettuare una nuova Future Stream Map.

Il risultato ottenuto applicando la metodologia è la congiunzione tra la parte Lean e quella Green che permette ai manager di effettuare delle stime migliori. Per quanto riguarda invece i risultati ottenuti applicando la OGP-VSM all'azienda spagnola si ha che bisogna migliorare la parte produttiva nella sezione di assemblaggio e ricalcolare la grandezza del lotto per il reparto verniciatura, oltre a riprogettare la cella di lavoro in modo da poter effettuare la verniciatura e lucidatura senza il bisogno di trasportare il prodotto. [31]

L'obiettivo dello studio pubblicato nel 2019 è quello di ridurre le emissioni di gas che causano l'effetto serra (GHG) riguardanti la produzione di telefoni cellulari. È stato scelto proprio questo settore in quanto l'industria della telefonia mobile sta acquisendo sempre più peso nelle emissioni mondiali, in particolare la produzione è responsabile dell'85% della totalità delle emissioni del settore. Lo studio mira dunque ad analizzare la loro filiera produttiva e a identificare quali azioni porre in atto per ridurre le emissioni. Per quanto riguarda i gas possono essere classificati in GHG1 (collegati al processo produttivo e ai viaggi di lavoro), GHG2 (relativi al risparmio energetico) e GHG3 (legati alla logistica e ai servizi). Tramite la VSM si è sviluppato un modello che mette in relazione le azioni e le emissioni di GHG relative a tutta la catena produttiva. Gli obiettivi sono: riportare i cambiamenti in ogni categoria di emissioni nella produzione di telefoni negli anni precedenti; identificare le azioni compiute nella gestione della catena produttiva ecologica per ridurre; sviluppare modelli indicativi per la relazione tra azioni compiute - grado di riduzione emissioni e una Value Stream Map per ridurre effettivamente le emissioni GHG durante la produzione di cellulari. Le azioni compiute per ridurre le emissioni di GHG1 sono relative al processo produttivo (come la riprogettazione del processo, il miglioramento tecnologico e l'utilizzo energetico) e ai viaggi di business (ad esempio cambiare luogo di lavoro, utilizzare di mezzi di trasporto sostenibili o gruppi di trasporto). Per diminuire le emissioni di GHG2 le azioni sono ridurre e controllare l'utilizzo energetico delle strutture e migliorare le strutture stesse. Per quelle di GHG 3 le azioni sono classificabili in gestione delle relazioni con i fornitori (controllo e aiuto fornitori), gestione logistica (il tasso di carico e le modalità di trasporto) e le relazioni con i clienti.

La metodologia proposta viene suddivisa in tre fasi. Nella prima si ha l'identificazione del campione di studio riguardante le azioni Green messe in atto e gli indicatori di eco-sostenibilità nei report delle aziende. La seconda fase consiste nel raccoglimento dei dati mentre l'ultima li analizza tramite la Rank Analysis. Si parte calcolando la percentuale di cambiamento degli indicatori rispetto all'anno precedente, viene convertito in una scala da cinque punti e calcolato il rango per ogni caso. Successivamente si individuano il numero di azioni compiute per ogni caso rispetto al numero totale di azioni, si converte questo dato su una scala da cinque punti identificando così le azioni significative per ogni caso. Vengono poi sviluppati dei modelli indicativi per ogni indicatore Green e la Value Stream Map della "filiera ecologica".

I risultati ottenuti sono stati una grande riduzione delle emissioni di GHG1 causate soprattutto dal processo produttivo che è stato riprogettato. Successivamente è stata diminuita la GHG3 agendo principalmente sul tasso di carico piuttosto che sulla modalità di trasporto perché per ragioni di rapidità la maggior parte dei produttori di telefonia mobile utilizza la via aerea, mentre la GHG2 è stata la categoria più difficile da diminuire. [32]

Un ulteriore articolo è quello riguardante l'applicazione nell'ambito logistico e dei trasporti. Lo studio analizza gli effetti negativi che hanno sull'ambiente i settori del trasporto e della logistica focalizzandosi, come caso studio, sulla combinazione dell'ottica Lean e Green di un'azienda logistica messicana che si occupa in modo principale del trasporto su ruota nel Paese e anche a livello internazionale. Ha diversi centri operativi quali Città del Messico, Guadalajara e Monterrey, quest'ultima, avendo avuto il calo di performance maggiore con conseguente insoddisfazione da parte dei clienti e aumento dei costi, è stata scelta come base per lo studio. L'articolo inizialmente introduce la pratica della Lean Production e ne sottolinea la scarsa applicazione in letteratura nel settore dei trasporti e logistico, proponendosi di colmare il divario. Poiché per lo studio è stata utilizzata la Sustainable Transportation Value Stream Map (STVSM) è stato necessario identificare gli sprechi, le loro cause e i metodi per eliminarli partendo dalla TVSM (Transportation Value Stream Map). Quest'ultima include anche il TOVE (Transportation Overall Vehicle Effectiveness) dato dal prodotto di quattro fattori calcolato escludendone mutualmente uno. Per estendere la TVSM e renderla sostenibile bisogna considerare l'efficienza ambientale e quella produttiva. Inizialmente gli sprechi ambientali sono stati associati alla qualità dell'aria, al cambiamento climatico e allo

spreco dei materiali per l'attività di packaging, considerando come sprechi gli eccessi rispetto ai limiti ambientali stabiliti dai legislatori.

La fase iniziale della metodologia consiste nella mappatura del processo di trasporto stradale dell'azienda del caso studio per capirne lo stato attuale e individuarne le cause delle inefficienze. Successivamente vengono incluse nel processo tutte le attività che vanno dalla preparazione della strada all'asservimento degli store lungo il percorso. Oltre a ciò, l'indicatore TOVE, che monitora e controlla le operazioni del trasporto, può essere utilizzato anche per dare priorità ad alcune iniziative per il miglioramento. Per accrescere l'efficienza della performance è stata aumentata la capacità del trasporto perché il volume degli imballaggi trasportati era sempre inferiore alla capacità del mezzo. Anche la distanza in eccesso era un buon margine per il miglioramento dell'azienda. Di grande importanza è stato anche lo studio dei "clienti preferiti" cioè quelli che spediscono tutti i giorni. Gli sprechi ambientali selezionati dall'azienda sono legati alla qualità dell'aria, GHG, packaging e materiali PET. I programmi ambientali sono stati delineati e sviluppati seguendo quelli di aziende del settore come DHL, FedEx e UPS. Sono state ideate due strategie: una di breve termine, basata sull'aumento dell'efficienza su strada, e una di lungo termine, che richiede grandi investimenti di risorse e di tempo.

È stato condotto un test pilota nel quale ci si è concentrati sull'incremento dell'efficienza stradale e con esso si è costruita la STVSM futura, che serve anche a validare la strategia implementata. In primo luogo sono state riassegnate a dei nuovi magazzinieri le attività NIT in modo da eliminare i costi dovuti alle ore di lavoro straordinario e aggiornati i database. Ad ogni cliente sono state assegnate delle zone, chiamate colonie, sviluppando con il software My Route Online la sequenza con la quale visitarle riducendo così distanze e tempo. Questo ha portato ad un aumento dell'efficienza della performance perché i pacchi sono stati caricati secondo la sequenza di visita appena identificata riducendo il consumo di carburante. Per risolvere il problema delle congestioni stradali si è optato per trasporti notturni e con mezzi più piccoli. [33]

L'articolo "Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric" utilizza la CVE che mira a oltrepassare le limitazioni e le sfide degli altri lavori, i quali combinavano semplicemente la metodologia Lean con quella Green. Per validare la tecnica esposta nell'articolo è stata applicata ad un caso studio di un'industria che si occupa dello stampaggio di parti metalliche tramite cinque

processi sequenziali. Numerosi studi in letteratura procedevano alla stima dello stato attuale della Value Stream prima di valutare possibili strumenti e tecniche per migliorare e sviluppare la versione futura, ma nella pratica è un metodo difficile da implementare, soprattutto quando ci sono risorse limitate. Per questo motivo gli autori dell'articolo propongono la seguente metodologia.

Il primo passaggio nell'applicazione della metodologia è stimare la performance, sia Lean che Green, tramite lo stato attuale della Value Stream della produzione ambientale. Come secondo step si ha l'identificazione delle possibili aree di miglioramento e lo sviluppo di un piano di azione. Un metro per unire le due filosofie è appunto la CVE (Carbon-Value Efficiency), un indicatore che valuta entrambe le performance integrando i metri derivanti dalle implementazioni Lean e Green. In particolare la prima fase riguarda la definizione del prodotto e delle richieste del consumatore, ricavando informazioni sulla gestione della produzione, sul tempo di lavoro, scorte, flusso di risorse, sul processo, i dati dell'attività (tipo di materiale e quantità, tipo di trasporto, distanza coperta dal veicolo ed energia consumata) e i fattori di emissione. Queste informazioni sono state analizzate e mappate tramite la VSM alla quale è stato unito un metro ambientale (Carbon Footprint) ottenendo così il flusso di valore e le informazioni sull'impatto ambientale. Per determinare lo stato futuro della CVE-VSM è necessario rispondere a otto domande: qual è il Takt Time, se l'azienda deve costruire un buon supermarket o spedire direttamente al consumatore, se è possibile usare un processo a flusso continuo e dove usare un supermarket nel sistema produttivo pull. Le altre domande sono: dove posizionare un pacemaker, qual è il lavoro implementare del pacemaker, qual è il livello del mix produttivo del pacemaker e cosa è necessario per avere dei miglioramenti nel processo produttivo. Successivamente nel caso studio sono state applicate altre metodologie Lean come il Kaizen, per ridurre il changeover time dello stampaggio e il livello di scorte, o la SMED.

I risultati ottenuti applicando la CVE-VSM al caso studio industriale sono l'eliminazione del tempo di attesa, la riduzione del Lead Time e una diminuzione del Non-Value Added Time che ha portato a un minore consumo di energia, cioè dei miglioramenti produttivi e ambientali. [34]

L'obiettivo dell'articolo di Faulkner è quello di presentare una Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM) per identificare i metri di sostenibilità e visualizzarli. La metodologia è stata validata tramite la sua applicazione a un caso studio di un'industria

che produce antenne paraboliche per televisioni (circa 20 000 pezzi al mese). Si inizia analizzando le migliori pratiche attualmente utilizzate e come possano essere adattate per incontrare le esigenze TBL (Triple Bottom Line) cioè le implicazioni sociali, ambientali ed economiche. La VSM tradizionale non tiene conto dei primi due fattori per questo molti studi hanno cercato di estenderla, ad esempio, ottenendo la Sustainable VSM, la Sustainable Value Chain Map e la Sustainable Manufacturing Mapping, che incorpora la simulazione di eventi discreti (DES) e l'analisi del ciclo di vita (LCA) insieme alla convenzionale VSM. L'articolo inoltre esamina i metri utilizzati per identificare i criteri essenziali che in letteratura sono l'utilizzo dell'acqua, dei materiali e dell'energia, l'inquinamento aereo e le emissioni di CO₂. Nell'articolo i metri per valutare la sostenibilità del processo sono divisi in sei gruppi ma per evitare ridondanza o duplicazioni è necessario selezionarne in numero minore in modo da massimizzare il beneficio. Per questo motivo nonostante l'obiettivo dello studio sia quello di trovare una gamma di metri generali essi dipenderanno molto dal tipo di azienda di cui si sta effettuando l'analisi. I principali metri sono, oltre a quelli già presenti nella versione tradizionale della Value Stream Map, ambientali e sociali. Infatti la sostenibilità richiede anche l'esaminazione dell'impatto nell'ambiente sociale, valutandolo con i rischi nella salute degli impiegati e la sicurezza che deve essere misurata e monitorata su base regolare.

Per i metri ambientali si parte dal consumo dell'acqua. La metodologia ne analizza la quantità utilizzata dividendola in richiesta, usata e netta (cioè persa nel processo) mentre non considera quella inserita nel prodotto, che sarà stimata nell'utilizzo di risorse o materiali. Visivamente le quantità sono rappresentate in tre riquadri della VSM sostenibile, posizionati sotto la linea temporale. Per quanto riguarda l'utilizzo di energia e materie grezze corrisponde circa al 50% del costo totale. Nell'articolo è stato introdotto un metro per misurare visivamente l'utilizzo di materiali grezzi, tracciando in ogni processo della Sus-VSM le quantità rimosse (indicate sotto la linea tratteggiata) e quelle aggiunte (posizionate sopra la linea tratteggiata). Per quanto riguarda il consumo energetico si divide in energia consumata per il processo, il trasporto e l'immagazzinamento in celle frigorifere o riscaldate, non includendo quella persa dai macchinari (sotto forma di calore o inefficienze) e l'energia indiretta. Graficamente l'energia consumata per il trasporto o un immagazzinamento speciale è posizionata sulla linea che collega gli ovali dove viene inserita l'energia utilizzata nel processo. Il primo

metro sociale utilizzato è il lavoro fisico con lo scopo di identificare i compiti con rischi per ulteriori analisi, spesso partendo dal valore del PLI (Physical Load Index), una misura determinata usando le risposte a questionari e la frequenza di eventi relativi a diverse posizioni del corpo e gestioni di vari carichi. Il secondo metro utilizzato è quello dell'ambiente di lavoro che copre quattro categorie di rischio dovute al sistema elettrico, a un utilizzo rischioso di materiali e prodotti chimici, a sistemi pressurizzati e a componenti ad alta velocità. Oltre a ciò può essere incluso il livello di rumore che sopra gli 80 dBA mette a rischio l'operatore.

Questa metodologia è stata applicata a un'azienda che produce antenne paraboliche tramite quattro fasi produttive: stampaggio, lavaggio per rimuovere oli e impurità, asciugatura (considerata alla stregua di un magazzino speciale) e l'immagazzinamento. Per gli spostamenti tra le varie fasi e il trasporto effettivo sono stati utilizzati camion e carrelli elevatori mentre per misurare il tempo ciclo dei diversi processi in alcuni casi, quando il processo lo permetteva, è stato studiato invece in altri è stato calcolato. Per i dati relativi al PLI sono stati fatti compilare dei questionari ai lavoratori: il "punteggio" medio e quello più alto sono stati selezionati per essere apposti in ogni operazione nella Sus-VSM. Successivamente è stato calcolato l'utilizzo di acqua e il consumo di energia per ogni prodotto.

Dallo sviluppo e analisi della Sus-VSM è emerso che il Value Added Time è di 32 minuti circa mentre il Lead Time totale è più di 12 giorni. Per ogni antenna satellitare vengono consumati 3,58 kWh di energia, in particolare la fase più dispendiosa a livello energetico è quella di lavaggio. I punteggi PLI non sono allarmanti in generale ma si è visto che il 35% del materiale viene perso come scarto del processo. [35]

Data la crescente difficoltà di sviluppare metodologie atte a eliminare i processi e le attività a non valore aggiunto, oltre alla necessità manageriale di avere strumenti semplici, il seguente articolo analizza la VSM e la estende per supportare il design di una catena di fornitura sostenibile in modo più sistematico e quantitativo, ottenendo la SustainSC-VSM. Quest'ultima permette di identificare i colli di bottiglia che ostacolano le operazioni sostenibili e forniscono delle linee guida per raggiungere l'obiettivo aziendale. La metodologia è stata testata e validata attraverso l'applicazione ad un caso studio industriale di un'azienda danese che produce scambiatori di calore. Dopo aver fatto un breve excursus sull'importanza dell'ambiente e l'applicabilità degli strumenti Lean,

l'articolo fornisce la definizione di ciò che farà la metodologia sviluppata. Per cui "l'obiettivo della SustainSC-VSM è quello di essere uno strumento generico e sistematico che, seguendo i principi Lean di un approccio sostenibile attraverso l'uso di indicatori, identifica e migliora i colli di bottiglia presenti nel processo produttivo" [38].

La metodologia deriva dall'unione della Extended Value Stream Mapping (EVSM) e della SustainPro, applicate al contesto sostenibile della catena di fornitura. Il primo è uno strumento utile per identificare ed effettuare uno screen degli sprechi nella catena in modo qualitativo, per cui le principali limitazioni sono la mancanza di procedure quantitative e la mancata considerazione degli aspetti di sostenibilità. Il secondo strumento è una struttura che incorpora degli indicatori basati su una metodologia per processi chimici alternativi sostenibili, per cui gli indicatori dovranno essere adattati. Oltre a ciò la SustainPro permette di decomporre un sistema complesso in parti più piccole che possono essere stimate quantitativamente. Il primo step della metodologia è la formazione dell'EVSM in otto passaggi. Nel primo si identifica la famiglia di prodotto, successivamente si definisce il "campo visivo" dividendo la supply chain (per via della sua complessità) in parti più piccole tramite la SustainPro. Il terzo step consiste nel creare un gruppo di lavoro per poi determinare il livello di dettaglio della EVSM attraverso la definizione di chiari confini del sistema. Nel quinto passaggio si raccolgono informazioni riguardo il Flowrate, il Lead Time e il Value Added Time. Nel sesto si mappa il flusso inverso (partendo dall'ultima entità della catena di fornitura che traina l'intero processo), successivamente si devono mappare i trasporti con dei simboli predefiniti. Per chiarificare le caratteristiche di spedizione sono richiesti dati come la distanza tra le entità, il tempo impiegato per arrivare tra le strutture, la grandezza del lotto e il tasso medio dei difetti nel processo di spedizione. L'ultimo step della metodologia consiste nel mappare l'intero flusso dei trasporti, ottenendo così un'immagine di tutte le attività della supply chain, per cui tutti i dati necessari per descriverla sono stati raccolti durante l'applicazione della SustainSC-VSM. La struttura appena determinata in questi otto passaggi viene decomposta, dividendola in aree più piccole, per semplificare l'identificazione dei colli di bottiglia. Tutti i flussi fisici e di energia sono separati in percorsi chiusi o aperti per ogni componente del processo. Per quanto riguarda gli indicatori ne viene proposto un insieme per stimare in modo comprensivo il percorso all'interno della catena ma ogni azienda deve dare priorità a quello che più rispecchia l'obiettivo aziendale. Gli indicatori economici sono usati per creare valore o definire modi potenziali per crearlo e possono essere divisi in 4 categorie: costo, tempo, qualità e flessibilità. Nella prima troviamo il

Material Value Added-SC, l'Energy Cost-SC, il Total Inventory Level Cost, l'Entity Inventory Level Cost e il Backorder Cost. Per quanto riguarda il tempo, la maggior parte del flusso di valore può essere compresso per ridurre o anche eliminare i tempi di processo evitabili. Gli indicatori sono: Lead Time Factor, Operational Lead Time Factor e l'Inventory Turnover. Per la qualità, che riflette la capacità di fornire un alto livello di servizio, si utilizzano i seguenti indicatori: Service Level Quantity Factor, OK-Parts e l'Overall Throughput Effectiveness. Per il sottogruppo relativo alla flessibilità, intesa come l'attitudine a rispondere rapidamente a cambiamenti, si utilizzano il Flexibility Volume Factor e il Flexibility Time Factor. Oltre agli indicatori economici se ne hanno altri come quelli ambientali che stimano l'impatto che la catena produttiva ha sull'ambiente. Si hanno Carbon Emissions, Waste Factor, Sustainable Energy, Labor Equity, Fatal Accident Ratio e Corruption. Ulteriori indici usati sono quelli sociali, che danno informazioni sulla situazione di impiego e la relazione tra istituzioni pubbliche e private, e gli indicatori relativi alle informazioni. Questi ultimi sono usati per stimare l'efficacia della coordinazione tra i soggetti della supply chain e i potenziali benefici nello sviluppo di una politica di information-sharing. Gli indicatori sono Variability of Lead Time e Bullwhip Effect. L'ultimo step della metodologia consiste nell'identificare i colli di bottiglia e le potenziali soluzioni. Infatti se gli indicatori definiti vengono applicati a ogni percorso tramite i loro valori si possono identificare aree potenzialmente critiche nella catena produttiva.

I risultati ottenuti applicando la SustainSC-VSM sono l'identificazione di vari colli di bottiglia in diversi percorsi (in particolare nel caso studio sono stati riconosciuti nel percorso definito OP9, che dovrebbe essere il primo ad essere affrontato) e la raccolta di informazioni che permettono lo sviluppo di uno stato futuro della EVSM. L'applicazione di questa metodologia apporta diversi benefici quali la visualizzazione delle operazioni nella supply chain con un'ottica sostenibile, aumentare la facilità con la quale identificare i colli di bottiglia e fornire suggerimenti su come eliminarli oltre a rendere meno complesse catene produttive molto ampie. Ulteriori punti di forza sono la generalità degli indicatori che possono essere adattati a vari casi, eliminati o sostituiti e la possibilità di quantificare i miglioramenti ottenuti, sempre grazie all'utilizzo di questi indicatori. [38]

L'obiettivo delle aziende è trovare l'ottima configurazione del processo produttivo per ridurre lo spreco. Solitamente vengono utilizzati dei simulatori ma non sempre questo è possibile sia per il costo dei programmi che per la necessità di avere una rappresentazione

accurata e dettagliata del sistema, a volte difficile da ottenere. Per questo motivo l'articolo, pubblicato nel 2020, propone l'utilizzo della Value Stream Map, in versione estesa (X-VSM) per collegare i bisogni strategici con gli aspetti operativi della simulazione del processo, garantendone la sostenibilità. Infatti la VSM, oltre a identificare gli sprechi attraverso le attività a non valore aggiunto, permette di mappare un processo end-to-end che molto spesso è l'input richiesto da vari programmi di simulazione. Per risolvere il problema dell'alto linguaggio l'articolo propone altre categorie di informazioni per ottenere un processo più dettagliato. La metodologia proposta è stata applicata ad alcuni casi aziendali di multinazionali.

Inizialmente viene mostrato l'algoritmo per creare la X-VSM (Extendend Value Stream Map), evidenziando attraverso degli esempi la differenza tra i livelli di dettaglio della classica VSM e della versione estesa. In quest'ultima si fanno delle distinzioni in base alla trasformazione avvenuta che può essere di stato (varia un attributo dell'oggetto), di posizione (l'oggetto è stato spostato) e fisica (c'è stata una trasformazione fisica in uno dei componenti dell'oggetto). In modo più specifico i dati sono stati classificati in due categorie: dati di input (informazioni necessarie per definire le regole operative per l'esecuzione delle attività) e di output (tutti gli aspetti quantitativi legati alla performance di ogni attività). Successivamente sono divisi in altre sottocategorie: per i primi sono collegati alle risorse, alle condizioni (fattori che possono influenzare la performance di una risorsa), alla pianificazione e agli output di altre attività. Le sottocategorie dei dati di output sono quelle sulle tempistiche, sulla qualità, sul costo, sulla salute e sicurezza ambientale. Vengono proposti 5 criteri per valutare la sostenibilità del modello simulativo che sono la rappresentatività, la semplicità di costruzione, la facilità di mantenimento del modello, l'intelligibilità dei dati raccolti e la semplicità con la quale devono essere raccolti.

Nel flusso delle informazioni la X-VSM ha un ruolo chiave in quanto dà visibilità a tutto il processo con un nuovo livello di dettaglio che permette a chi di dovere di iniziare la simulazione con una rappresentazione affidabile del processo, offre una sequenza di categorie per supportare la raccolta di tutti i dati che caratterizzano il processo e guida direttamente la simulazione, evidenziando quali sono gli input richiesti. [39]

L'obiettivo dell'articolo di Al-Bimani e colleghi è raggiungere la standardizzazione del PDO per la sorveglianza ESP e l'ottimizzazione dell'intero utilizzo del Well Management

System (WMS). Lo scopo principale è sviluppare e sostenere in modo automatizzato un buon modello ESP, implementando la ricognizione Pattern EBS (Exception Based Surveillance) attraverso l'adozione di un approccio Lean dove si identifica un processo operativo standardizzato, si minimizza lo spreco di risorse e tempo, assicurando la sostenibilità del processo.

Il team ha utilizzato strumenti come la Gemba Walk, il Kaizen e la Value Stream Map per eliminare lo spreco di risorse e tempo dal ciclo di vita ESP. Un modello ESP è stato generato per assicurare la sostenibilità WMS attraverso i dati di feed creati automaticamente. Questi, richiesti per costruire un buon modello, sono stati ricavati da diversi database aziendali basati sui dati più recenti ed informazioni in tempo reale. La PDO è una WMS personalizzata che genera automaticamente dei modelli online in vari campi.

Queste opportunità di progetti di ottimizzazione sono state realizzate attraverso varie attività per ottenere rilevanti guadagni di petrolio. Implementando la ricognizione Pattern EBS si è avuto un risparmio del 20% per i problemi ESP e le operazioni di decision-making, la diminuzione del 30% di una realizzazione veloce sub-ottimale e un'accelerazione delle azioni di risposta. Il progetto Lean è riuscito ad essere il 40% più veloce dei vecchi processi. Le aree più implementate sono l'uso standardizzato della WMS personalizzata, nuovi modi ingegneristici per validare i test e un design ESP facilitato. [40]

L'articolo "A Generic Sankey Tool for Evaluating Energy Value Stream in Manufacturing Systems" propone l'utilizzo della EVSM (Energy Value Stream Mapping) per valutare e visualizzare il flusso complesso nel sistema produttivo dal punto di vista dell'energia, dei materiali e del tempo. Viene utilizzato un generico diagramma Sankey per connettere il database esistente per un'analisi continua. Lo strumento viene validato tramite il caso studio di un'azienda australiana che si occupa del riciclo di alluminio e che arriva a produrre un volume approssimato di 80 000 tonnellate annue attraverso 11 fasi. Inizialmente vengono analizzati vari strumenti usati per stimare il flusso energetico, dei materiali e del tempo come il MEFA (Material and Energy Flow Analysis), che si focalizza sulla relazione input/output del processo, o la VSM, usata per dividere le attività a valore aggiunto da quelle non a valore aggiunto all'interno del processo ma fornisce un'immagine statica ed è difficilmente multi-prodotto. Un ulteriore

strumento è quello dato dalla combinazione del META e del BAT (Best Available Technique) che identificano potenziali flussi materiali e di energia selezionando le opzioni più sostenibili. Un quarto strumento è il EMSM (Energy and Material Stream Mapping) che utilizza un diagramma Sankey per separare il flusso dei materiali e quello energetico. Gli ultimi strumenti analizzati sono EVSM (Energy Value Stream Mapping) & E²VSM che hanno in comune una mancanza di template generici e una continua analisi.

Per ovviare a ciò viene sviluppato uno strumento per visualizzare e valutare i complessi flussi di materiali, energia e tempo nel sistema industriale. Viene sviluppato SC (Sustainability Cockpit) per offrire una piattaforma che regolarmente stima le prospettive economiche e ambientali nel sistema produttivo. Solitamente viene utilizzato dalle piccole e medie imprese e si basa su tre livelli: il livello di raccolta dati, la simulazione degli scenari e il supporto alle decisioni. Inoltre permette di effettuare delle valutazioni di tipo “as-is” (cioè del sistema “così come è”) e “what-if” (cioè “cosa accadrebbe se”). Successivamente si ha lo sviluppo del modello EVSM Sankey che permette di tradurre le informazioni immagazzinate dallo SC, che vengono poi esportate e integrate in un diagramma Sankey.

A questa azienda è stata applicata la metodologia EVSM Sankey diagram trovando uno scostamento di solo 5% dal MEFA già calcolato in precedenza. [41]

Un'ulteriore pubblicazione relativa alla Green&Lean Production è quella che effettua un'analisi con un approccio al sistema di impacchettamento considerando l'intervallo di controllo manageriale, il design dell'imballaggio e il corrispondente processo logistico, l'impatto ambientale ed economico. La Value Stream Map è adattata al modello dei flussi materiali per parti e imballaggi e come base comune viene utilizzata un'analisi integrata del flusso dei materiali per l'analisi dei costi, dell'impatto del ciclo di vita sull'ambiente e del consumo di energia. Viene proposto anche un caso studio su un'industria automobilistica americana che inizialmente utilizzava un imballaggio a rendere mentre ora, dopo alcune analisi ingegneristiche, ha optato per un'ulteriore alternativa, cioè gli imballaggi riciclabili. Questi ultimi sono packaging personalizzati, principalmente pallet di plastica riciclabile, che vengono utilizzati dall'azienda per produrre le parti plastiche delle automobili. L'articolo analizza poi gli strumenti usati in letteratura per prendere decisioni riguardo l'ambiente. Il primo fra tutti è il LCA (Life Cycle Assessment), non molto usato poiché è complesso e richiede dati difficili da verificare, poi si ha il CERA

(Cumulative Energy Requirement Analysis), che stima l'intera domanda di energia per produrre e usare il prodotto. Successivamente troviamo il MFA (Material Flow Accounting) che analizza il percorso dei materiali dentro, fuori e attraverso la regione, l'azienda o il settore e il TCA (Total Cost Accounting) che determina il costo interno o i risparmi risultanti dai progetti di prevenzione ambientale sostenuti dall'azienda.

L'articolo propone di stimare una fonte, parte o imballaggio in termini di costo, eco-indicatore ed energia, concentrando la struttura proposta soprattutto nella definizione dei confini del sistema, nel modello esteso del Value Stream e nei metodi di analisi. I confini sono trovati in base al limite di controllo che si ha sul flusso dei materiali (intesi sia come imballaggio che come parti), di energia (che nello studio è trattata implicitamente identificandola come consumo di energia legato alle attività del flusso dei materiali) e finanziario. La Value Stream Map, usata per documentare il flusso di parti dal fornitore all'impianto di assemblaggio in termini di tempo, ritardo, scorte, costi ed informazioni, può essere implementata. Si richiede che il flusso contenga anche gli input e output espliciti dei materiali nei vari processi inclusi le parti, gli imballaggi e gli sprechi, per questo i ricercatori hanno sviluppato una Part-packaging Value Stream Map. Poiché non c'è una semplice relazione di proporzione tra il numero dei packaging e quello delle parti spedite devono essere effettuati dei calcoli, in particolare l'approccio scelto è quello delle unità caricate e degli imballaggi assemblati. Nel caso aziendale ci sono due tipi di packaging: quello per le spedizioni internazionali (che vanno dallo stabilimento del fornitore al centro di re-imballaggio, composti da diversi tipi di materiali) e gli imballaggi per le spedizioni domestiche (consistenti in imballaggi a rendere sotto forma di ceste). Per ogni tipo di materiale utilizzato per il packaging c'è uno specifico ciclo di vita per cui deve essere calcolato il peso di ognuno di essi. Data la difficoltà di tracciare il flusso dei materiali è essenziale definire prima cosa si intende per "stream" cioè il flusso di alcuni materiali di interesse attraverso uno o più processi. Per quello che riguarda la logistica, i trasporti e le scorte del commercio internazionale contribuiscono molto di più alla voce totale dei costi, energia e ambiente rispetto a quelli del commercio domestico. Nello studio viene infatti individuato un vettore di costi unitari per container spediti. L'articolo raffigura il flusso dei materiali in forma della Part-packaging Value Stream Map che mostra il flusso logico delle parti e degli imballaggi legati alle posizioni e ai processi dall'acquisizione all'assemblaggio finale. Quest'ultima è abbastanza diversa dalla Value Stream Map convenzionale perché mostra esplicitamente il flusso di ogni materiale

rilevante con lo scopo di renderlo utile per stimare l'energia totale e l'impatto ambientale. Stabilito il vettore di numeri di componenti dell'imballaggio per ogni tipo utilizzato, si può calcolare il tasso annuale di componenti del packaging dividendolo in imballaggi a rendere e non. Oltre a ciò per calcolare l'impatto ambientale, energetico e finanziario si ha bisogno del flusso quantitativo di ogni materiale in ogni processo, visualizzato attraverso la costruzione di una matrice. Per quello che concerne l'analisi dei costi essi sono divisi in quattro categorie. La prima è quella dei costi per l'acquisto degli imballaggi, che nel caso di commerci con l'estero sono semplici da calcolare mentre la parte del commercio interno viene trovata sommando al costo per l'acquisto i costi per le perdite annuali dovute al fatto che gli imballaggi sono a rendere e la quota di ammortamento annuale per tutto il ciclo di vita dell'imballaggio. La seconda categoria è quella dei costi dei trasporti che sono calcolati come somma dei costi di trasporto unitari per ogni arco (raffigurante il percorso) compiuto. La terza categoria è rappresentata dai costi di mantenimento a scorta, calcolato sempre a livello annuale, e la quarta è quella dei costi di processo, anch'essi trovati dalla somma dei costi unitari sul periodo di un anno. A questi costi va sottratto il valore del flusso finanziario che "lascia" il prodotto, come ad esempio gli imballaggi a rendere che, terminato il loro fine vita, vengono ceduti a un centro di riciclo. Nello studio viene anche effettuata un'analisi sul ciclo di vita del prodotto e vengono valutate le alternative di riciclo che corrispondono a una maggiore riduzione degli indicatori ecologici.

Come risultato si ha una riduzione netta nel consumo energetico del 6% rispetto al caso base. Inoltre lo studio suggerisce di migliorare il riciclaggio perché gli imballaggi a rendere non possono essere riciclati e quindi non portano ad una riduzione dell'energia utilizzata. [42]

Successivamente si ha un altro studio che estende la versione tradizionale della VSM. Esso ha infatti l'obiettivo di trovare un metodo per calcolare un indice ambientale ed incorporarlo nella Value Stream Map, aumentando così le opportunità per minimizzare lo spreco. L'articolo inizialmente descrive in modo generale la metodologia Lean e la necessità di attuarla seguendo una chiave più ambientale. Successivamente effettua la trattazione di vari strumenti usati per selezionare e valutare il processo ambientale quali Total Emissions Method, Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control, Environmental Management Accounting, Systematic Environmental

Assessment e Waste Stream Prioritization Method (WSPM). Quest'ultimo metodo è stato scelto nell'articolo per calcolare l'indice ambientale.

Vengono riportati alcuni inquinanti e stimati con una scala di punteggio, che nell'articolo corrisponde alla media che va da 1 a 10, calcolata sommando la massima tossicità dai componenti degli inquinanti, quindi i punteggi ottenuti dipendono dalla scala scelta e dal tipo di metodo utilizzato. Queste misure possono essere applicate al flusso di valore. Ad esempio come caso applicativo viene indicato un processo di forgiatura che richiede molta resistenza al calore e anche abbastanza potere fisico per forgiare. Questo processo ha bisogno di una buona ventilazione poiché si formano sostanze inquinanti identificate nell'articolo come "chemical 1 e 2" e "gas A e C". Sommando questi valori nella Waste Stream si ha un fattore ambientale relativo al processo di forgiatura che può essere inserito nella Value Stream Map convenzionale. [43]

Il seguente articolo effettua principalmente un'analisi dettagliata della gestione della Supply Chain. Con l'acronimo SCM (Supply Chain Management) si intende il processo decisionale per gestire diverse attività che generano profitti ai fornitori, rivenditori e consumatori coinvolti nel processo. Un altro modo per definirla è l'insieme di attività utilizzate per integrare efficientemente i differenti elementi della catena di valore, affinché i prodotti possano essere creati e distribuiti nelle giuste quantità, luoghi e tempistiche, con lo scopo di massimizzare il guadagno del sistema e soddisfare il livello di servizio richiesto. L'efficienza e la performance della Supply Chain sono definite per ogni entità coinvolta come l'abbassamento del suo costo e l'aumento della sua produttività. Il concetto di SCM è basato principalmente sullo sforzo cumulativo di tutte le entità per ottimizzare delle funzioni e raggiungere in maniera efficiente il consumatore finale. Le 3 entità rilevanti nella Supply Chain sono i fornitori (aziende che producono beni finiti, possono essere intangibili o tangibili), i rivenditori (entità che tengono in stock le merci e le rivendono in piccole quantità al consumatore finale) e i consumatori.

Al primo step della catena troviamo i fornitori che attuano le proprie strategie di vendita che possono essere prezzi indipendenti dalle quantità di vendita o dipendenti dalla quantità ordinata. Nel primo caso per massimizzare il profitto i fornitori possono far leva su due parametri: il profitto unitario (usando un margine di profitto elevato il guadagno del fornitore sarà alto anche se non vengono vendute molte unità) e la quantità (se non si ha molto margine di profitto quest'ultimo può essere accresciuto aumentando la quantità

venduta). Nel secondo caso, quando il prezzo dipende dalla quantità venduta, il fornitore pratica degli sconti al raggiungimento di determinate quantità. Deve però considerare che anche i rivenditori potrebbero utilizzare delle strategie per cui potrebbero effettuare degli ordini individualmente, ricevendo lo sconto in base alle quantità ordinate, o agire secondo una strategia collaborativa, ottenendo uno sconto maggiore poiché insieme ordinano una quantità superiore di merce. Le attività principali della Supply Chain sono ordinare, tenere in magazzino, effettuare l'inventario e spedire. Il problema relativo alla prima attività è la necessità di individuare il numero di fornitori, rivenditori e la politica del prezzo di vendita, che può essere in base alle quantità o meno. Oltre a ciò è molto importante considerare la selezione dei fornitori e quando effettuare l'ordine. Per quanto riguarda il magazzino il problema principale dei rivenditori è tenere a scorta gli articoli ordinati in un deposito (che può essere usato in modo esclusivo o condiviso per ripartire il costo) trovando la migliore strategia di immagazzinamento per minimizzare il loro numero e costo totale. La principale sfida legata ai trasporti è determinare il tragitto ottimale per i veicoli per andare da uno o più centri di distribuzione a un insieme di clienti, minimizzando il costo del trasporto e rispettando i tempi di consegna stabiliti. Il problema dell'inventario riguarda invece tutti e tre i soggetti, la sua soluzione parte da un'analisi approfondita della richiesta dei consumatori di avere una quantità appropriata che deve essere ordinata considerando anche le quantità già presenti, influenzando sui costi e sulla performance tramite il grado di flessibilità e il livello di reattività.

In risposta alle richieste derivanti dalla globalizzazione e dalla competitività, per garantire uno scambio sempre più rapido delle informazioni, le entità della catena di fornitura stanno utilizzando e scambiandosi i big data, solitamente tramite sistemi di tipo cloud. Le decisioni possono essere classificate in tre categorie in base al tempo in cui sono prese. Le prime sono le decisioni strategiche (lungo periodo) che riguardano il numero, la posizione e le missioni delle strutture operanti e la scelta del portfolio di fornitori. Possono anche includere le decisioni legate alle infrastrutture informatiche e tecnologiche che supportano le operazioni della catena di fornitura. Le decisioni tattiche (o di medio termine) riguardano la pianificazione delle decisioni con lo scopo di bilanciare carico e capacità. Includono la produzione, l'inventario, la ricerca di contratti e altre decisioni relative agli acquisti. L'ultima categoria è quella delle decisioni a livello operativo (breve termine) come la schedulazione dettagliata e le spedizioni giornaliere. [46]

Ci sono varie strategie che si possono adottare nella Supply Chain (SC) come ad esempio tecniche più attente all'ambiente, rientranti nella Green Supply Chain Management (GSCM). L'articolo del 2018 analizza questa metodologia applicandola ad un caso studio di un'azienda nigeriana. L'obiettivo principale è assicurare che tutti i processi facenti parte della produzione non siano dannosi per l'ambiente e che i materiali possano essere riutilizzati, riciclati e non tossici. La crescente importanza dell'ambiente ha portato molte aziende nei Paesi in via di sviluppo ad allinearsi alle richieste dei clienti e alle pratiche dei concorrenti nei Paesi sviluppati. Il tipo di metodo di ricerca scelto dipende da vari fattori come il livello di controllo che i ricercatori hanno sul fenomeno studiato, l'obiettivo dello studio, il tipo di dati richiesti e il tempo impiegato per raccogliarli. Nell'articolo si è scelto di procedere con un questionario (con una scala di risposte che va dal "fortemente in disaccordo" fino al "fortemente in accordo") per ridurre le tempistiche di raccolta dati.

La popolazione dello studio è stata scelta randomicamente in differenti reparti per un totale di 65 persone, in modo che per i ricercatori fosse possibile dividere il campione in sottocategorie. Prima di proporre il questionario all'intera popolazione dello studio è stato testato su un campione di 10 persone e controllato da un esperto di statistica, da uno della Supply Chain e da ricercatori sulla GSCM. Della totalità del campione sono ritornati, entro il tempo stabilito dallo studio, solo 50 questionari di cui 9 incompleti. Le possibili ragioni di questo risultato sono l'intensa schedulazione del lavoro di alcuni operatori o il non interesse nel questionario. I dati analizzati riguardano anche l'interpretazione e le conclusioni derivanti dai dati raccolti, con l'identificazione dei modelli attraverso l'applicazione del processo statistico. Come risultati di quest'analisi si hanno le percentuali e la frequenza di ogni risposta.

Come interpretazione di questi risultati si è arrivati alla conferma che l'implementazione e adozione della GSCM migliorerà l'efficacia organizzativa. Infatti la GSCM ha lo scopo di implementare i processi Green, riducendo il consumo energetico e gli sprechi. Le strategie relative alla Supply Chain da sole non sono adeguate affinché le aziende raggiungano un vantaggio competitivo per questo le considerazioni ambientali devono essere inserite nell'intero processo organizzativo. Se le aziende vogliono mantenere la loro competitività devono incorporare nelle attività del processo produttivo la GSCM e dare alle considerazioni ambientali una priorità più alta. Inoltre portare avanti iniziative a tutela dell'ambiente e dimostrare l'impegno sostenuto nelle politiche ambientali rende

l'azienda "environmental friendly", garantendo un'immagine migliore agli occhi dei consumatori. [47]

La pubblicazione "Green business process management - A definition and research framework" è stata effettuata appunto con lo scopo di trovare una definizione e una struttura di ricerca. Il Business Process Management (BPM) è già conosciuto come processo per la reingegnerizzazione mentre il Green IS è un argomento abbastanza nuovo nonostante i progressi effettuati negli ultimi anni. Poiché in letteratura ci sono molti vuoti per quello che concerne il flusso di ricerca relativo a queste due tecniche l'obiettivo dello studio è definirle e combinarle con un primo articolo sulla Green BPM. L'articolo risponde, tramite una definizione e una struttura di ricerca multidimensionale, alle seguenti domande sulla Green BPM: cosa la definisce, quali sono i campi di azione esistenti e come questi divari lasciati dalla ricerca possano essere colmati. Per effettuare ciò l'articolo parte dagli aspetti fondamentali delle due tecniche: la Green IT (Information Technology) usata per misure e attività che hanno lo scopo di aumentare l'efficienza energetica delle operazioni IT e aumentare l'uso sostenibile delle risorse materiali e la BPM che, grazie al suo approccio olistico, permette di combinare diverse prospettive per generare una performance di processo fattibile.

La prima parte dello studio ha l'obiettivo di fornire una definizione comprensiva e tangibile della Green BPM e per fare ciò i ricercatori hanno applicato i principi enunciati da Webster&Watson e la metodologia di Levy&Ellis. In particolare hanno definito l'oggetto della ricerca, il periodo e il luogo di pubblicazione. Inizialmente hanno identificato delle key words e dopo aver effettuato una prima ricerca con esse hanno individuato vari articoli con i quali hanno effettuato una ricerca di tipo "forward and backward" delle parole chiave e degli autori, come suggerito dal metodo Levy&Ellis. Da questo secondo gruppo di articoli (56 totali) sono state effettuate 3 classificazioni: Green BPM, Green IS e BPM, ognuna contenenti pensieri, concetti, definizioni e modelli. In base ai contenuti di ogni articolo e alle validazioni delle categorie precedentemente individuate, i ricercatori hanno concluso che non esiste una definizione generalmente accettata per la Green BPM. Per questo la definizione da loro proposta è la seguente: "dalla prospettiva di un ricercatore IS, la Green BPM è il riassunto di tutte le attività manageriali supportate dall'IS che aiutano a monitorare e ridurre l'impatto del processo aziendale nel loro design, nelle fasi di miglioramento, operative o di implementazione, oltre a condurre ad un cambio culturale nel processo del ciclo di vita" [48]. In seguito

sono state identificate tre dimensioni: attività di management, tutti gli stadi del processo del ciclo di vita e gli obiettivi del Green BPM. Per dare un'idea al lettore su come combinarle l'articolo presenta tre progetti per la sostenibilità ai quali l'università sta lavorando.

In conclusione le limitazioni incontrate dai ricercatori sono relative al fatto che molti articoli non potevano essere ottenuti dal loro database e il fatto che la definizione abbia una prospettiva soprattutto relativa all'IS. [48]

Il seguente articolo tratta l'utilizzo dell'ITC (Information and Communication Technology) negli ospedali, che può migliorare l'impatto ambientale dell'industria sanitaria aiutando a renderla più Green tramite la BPR (Business Process Reengineering). Inizialmente vari studi hanno analizzato l'impronta di carbone e successivamente si è iniziato a studiare l'emissione dei "Green House Gas". Lo scopo dell'applicazione delle tecniche ITC nel network sanitario è quello di facilitare l'implementazione del processo. L'articolo prosegue con una lista di strumenti che possono essere utilizzati quali l'EHR (Electronic Health Record), un database che contiene i dati dei pazienti in forma digitale e l'uso di Internet che grazie alla sua interconnessione permette di avere una cooperazione tra più specialisti e istituti. Naturalmente in entrambi i casi i dati sulla salute sono scambiati in modo confidenziale per proteggere la privacy del paziente. Un ulteriore strumento è il PACS (Picture Archiving and Communications System) dove il processo di raccoglimento dati è comprensivo anche di immagini che possono essere sintetizzate al computer. Si ha poi il tele-monitoraggio di pazienti affetti da malattie conosciute che tramite dei sensori o apparecchiature inviano i loro dati ai centri di analisi. L'obiettivo del BPR è raggiungere un grande miglioramento nella qualità del servizio con una velocità più elevata e costi ridotti tramite l'identificazione di un processo base.

Il modello concettuale è creato esaminando la letteratura sull'ITC utilizzata per rendere Green le organizzazioni che si occupano di salute. Queste ultime devono affrontare molteplici fattori che influenzano le decisioni strategiche. Possono essere economici (vengono da terze parti come compagnie assicurative, programmi governativi, privati), politici (legati alle iniziative del Governo riguardanti la salute nazionale), legali (che impattano le relazioni strategiche tra ICT, ospedali e pazienti) e strategici.

Le applicazioni dei principi della BPR con l'attivazione dell'ICT possono aiutare a ridurre diversi problemi nel sistema sanitario come gli errori medici derivanti dalla mancanza di

coordinazione tra persone, processo e tecnologie. I risultati del modello proposto sono 3. Il primo è il risultato sul paziente che viene definito "health consumerism", cioè la crescente conoscenza da parte dei pazienti di trattamenti, diritti legali e coperture assicurative. I pazienti sono molto più informati sulle condizioni di salute e sui trattamenti il che comporta la necessità di esami, medicazioni e procedure più avanzate. Il vantaggio competitivo risultante nel dare al paziente accesso ad applicazioni web per prenotare appuntamenti, registrarsi ed effettuare dei questionari è che si può creare con il paziente una lunga relazione di fiducia. Quest'ultimo punto viene indicato anche come uno dei risultati per l'ospedale. Inoltre l'utilizzo di computer permette di ridurre la quantità di dati in entrata e ridondanti, diminuire gli errori, eliminare degli step e avere un flusso di informazioni più rapido. L'ultimo tipo di risultati sono quelli ambientali. L'impatto dell'ICT porta a una riduzione dei gas, dei prodotti chimici tossici e a un minor utilizzo dell'acqua. Questi risultati derivano dai cambiamenti nel consumo di carta, nell'utilizzo dell'energia, della plastica e degli sprechi elettronici. [49]

L'articolo di Nowak e collaboratori propone una struttura a "quattro strati", corrispondente a una metodologia a quattro fasi, che permette alle aziende di definire le caratteristiche ecologiche, misurarle, identificarle, localizzarle e visualizzarne l'impatto ambientale. Oltre a ciò, ha lo scopo di aiutarle a sviluppare appropriate strategie per ottimizzare il loro impatto sull'ambiente senza essere negligenti sulla competitività aziendale. In alcuni casi le informazioni raccolte con i tradizionali KPIs (Key Performance Indicators) danno dati insufficienti per quello che riguarda l'aspetto ambientale per cui l'articolo, che mira a estendere la tradizionale BPR, introduce due nuove prospettive. La prima consiste negli KEIs (Key Ecological Indicators) che permettono di misurare l'impatto ambientale del processo produttivo e delle sue parti. La seconda copre la gestione delle attività addizionali emergenti dall'integrazione e interazione dei KEI, del processo e delle infrastrutture. Il caso studio è una società di macchine premium, Auto Inc, che desidera diminuire le emissioni di CO₂. I KEIs sono definiti in base agli Ecological Characteristics (ECs), calcolati riferendosi all'intero processo aziendale ed in particolare a quello di "car finishing".

Si può utilizzare la struttura della BPR estesa e una metodologia a 4 fasi. La prima è quella strategica, che consiste nell'identificare e definire i KEIs (per gli obiettivi ecologici) e i KPIs (per gli obiettivi economici). Si ha poi la fase di rilevamento e monitoraggio in cui vengono misurati i KEIs, dopo aver determinato esplicitamente le

caratteristiche ecologiche del processo e le attività. La terza è quella di analisi e gestione che permette di analizzare i processi trovati e successivamente identifica le parti che causano il più alto impatto negativo a livello ambientale. Si possono visualizzare i KEIs e il completo processo o le specifiche attività di interesse. Così, una volta identificato il miglioramento ecologico, l'azienda può effettuare la reingegnerizzazione nella fase di adattamento. Molto importante nei problemi riguardanti i modelli di reingegnerizzazione del processo è il tener traccia dei KPIs e degli obiettivi economici dati. Si può analizzare e gestire il processo esistente facilitando l'identificazione e la localizzazione delle violazioni dei KEIs tramite il "process views", cioè il risultato di una o più specifiche trasformazioni applicate al modello del processo che abilita l'analisi dei processi da diverse prospettive. Come primo step per identificare le violazioni dei KEIs, il modello del processo dato ha bisogno di essere aumentato con i dati collegati (informazioni rilevanti sui KPIs e KEIs). Nella fase di adattamento bisogna comunque assicurare la competitività di un'azienda oltre agli adattamenti per rendere più Green e sostenibile il processo. Il "process view" può fornire i mezzi per sviluppare e visualizzare differenti strategie di adattamento che possono costituire anche un completo approccio reingegneristico come la creazione di nuovi modelli di processo, modificare alcune specifiche attività, risorse o una loro combinazione arbitraria. Per determinare l'impatto di una strategia di adattamento dobbiamo calcolare i valori aggregati dei KEIs e KPIs ed è fondamentale per effettuare un paragone tra le diverse strategie che i dati siano equivalenti in entrambe le alternative.

Analizzando i dati aumentati si nota che il target dei KEIs non è stato raggiunto per cui si identificano, con una nuova "process view", le attività che causano il maggior impatto ambientale. Dalle informazioni da essa ricavate possiamo individuare le attività problematiche e derivare i potenziali processi alternativi. [50]

La Green Reengineering è un nuovo termine per descrivere la necessità delle aziende di reingegnerizzare il processo, tenendo conto dell'impatto ambientale che esso ha, e spostando le valutazioni aziendali dall'output ai consumatori e all'ambiente. L'articolo, pubblicato nel 1997, evidenzia la correlazione tra l'applicazione di questa metodologia e la necessità di seguire direttive governative, analizzando in particolare quelle degli Stati Uniti, della Germania e del Giappone. Inoltre evidenzia il vantaggio competitivo che si avrebbe riportando casi di grandi multinazionali che hanno applicato con successo le iniziative della Green Reengineering.

Le tecniche analizzate per sviluppare questa metodologia sono 3. La prima è la TQM (Total Quality Management) che apporta cambiamenti incrementali quali la stabilizzazione del metodo di lavoro, un continuo miglioramento, il rafforzamento degli impiegati e del teamwork ma ha come lato negativo il fatto che ci si concentri su un modesto cambio incrementale di un processo già esistente. La seconda tecnica è la BPR (Business Process Reengineering), comporta dei cambiamenti radicali per cui viene richiesto un ripensamento e una riprogettazione radicale del processo con il fine di ottenere dei grandi miglioramenti. L'ultima tecnica è quella della Value Chain Analysis cioè un'attenta analisi di ogni componente del processo produttivo per determinare quali attività aggiungono valore al consumatore, eliminando quelle che non apportano un valore, ma non si hanno idee innovative poiché si modifica soltanto il processo esistente.

In conclusione l'articolo afferma che una riprogettazione dell'azienda effettuata in modo proattivo può creare nuove opportunità come mercati per nuovi prodotti o servizi e un riadattamento delle strategie Green. [51]

Nello stesso anno è stato pubblicato il seguente articolo che dà una panoramica sull'approccio reingegneristico della "reverse logistics" e presenta delle metodologie utili per la gestione. Sono stati studiati i processi fondamentali della Xerox Business Process Architecture (XBPA) per identificare le complicazioni legate alla risoluzione dei problemi. La catena di fornitura della Xerox connette una serie di funzioni quali l'approvvigionamento, la logistica interna, le operazioni produttive e la gestione della distribuzione fisica ad essa collegata. La logistica deve anche seguire la soddisfazione del cliente attraverso delle implicazioni quali tempo di risposta all'ordine e quello di consegna, numero di problemi risolti, rapporti di lunga durata con i fornitori, numero corretto di spedizioni effettuate e costi addizionali per il trasporto, enfatizzando l'importanza della logistica nel servizio ai consumatori e aggiungendole un valore significativo. La "reverse logistics" deriva da una sempre più crescente attenzione all'ambiente a seguito di una presa di coscienza sociale e dalle regolamentazioni internazionali. L'articolo si concentra soprattutto sul canale di ritorno e su come chiudere la catena di fornitura, il collegamento tra performance, competitività e risultati finanziari che possono portare a un vantaggio competitivo. La Xerox utilizza uno strumento per capire, coordinare e cercare un accordo sui processi interrelati dell'architettura complessiva. Sono stati identificati 12 processi nel passaggio da gestione della catena dei fornitori a una gestione funzionale del processo.

Viene utilizzato come metro di performance l'OTI (Order to Install) che ha evidenziato dei miglioramenti come risultato della riduzione da parte di Xerox del tempo ciclo per la spedizione dei prodotti ai consumatori. Il canale di ritorno della Supply Chain è valutato e mappato in quanto il "ritorno" ai fornitori può consistere in approvvigionamenti, processo di rilavoro e scarti, danneggiamenti in magazzino, scorte obsolete, ritorni per garanzie o parti rotte. L'esaminazione di questi dati permette infatti di sviluppare opportunità produttive. Si usa la QFD (Quality Function Deployment) per il canale di ritorno perché permette di mantenere una continua attenzione sulle richieste del consumatore anche se il processo interno dell'azienda è ottimizzato. Il modello di Kano dà uno strumento per identificare la "voce del consumatore" descrivendo le aree di processo in: "basic performance", "competitive performance" ed "innovative performance". Il "Return to Available" (RTA) è un metro per misurare il processo associato al canale di ritorno; è una misura della velocità del tempo ciclo richiesto per tornare ad uno stato utile (ad esempio i prodotti in upgrade o che vengono convertiti) e si può stabilire un target per il suo valore. [52]

CONFERENZE

L'articolo di Sanders parte dallo sviluppo, nel 2009, da parte dell'Institute for Healthcare Improvement, per conto della Health Foundation nel Regno Unito, di uno strumento per identificare gli sprechi clinici negli ospedali. L'intento è quello di valutare come esso possa essere migliorato e ampliato paragonandolo agli otto sprechi individuati dalla filosofia Lean. Tutto ciò è stato effettuato utilizzando strumenti come il Current State Process Flow Chart o la Value Stream Map. [36]

Le filosofie Green e Lean, nonostante in un primo momento non sembrino simili, portano a ottenere risultati utili sia nell'ottica produttiva che in quella ambientale per questo sono spesso combinate. In particolare l'articolo, pubblicato nel 2010, sviluppa una versione modificata della Value Stream Map con lo scopo di tracciare l'utilizzo di energia e materiali, oltre alle misure tradizionali sul tempo e performance, garantendo in questo modo una visione più completa del sistema. [37]

Lo studio “Implementation of business process re-engineering using lean and green strategy in manufacturing industry” implementa una metodologia per combinare la filosofia Lean, con quella Green e le valutazioni sociali del sistema produttivo a celle in una struttura Six-Sigma, validando la metodologia con un caso studio. L’articolo delinea gli step necessari per avere una completa valutazione sulla sostenibilità usando delle tecniche Lean, Green e della Six-Sigma. Grazie alla combinazione delle strategie delle due filosofie sopracitate sono stati considerati tutti gli aspetti legati allo spreco. Nonostante l’aiuto riposto nelle strategie Lean per eliminare lo spreco e l’impatto ambientale, non si considera la variabilità del processo che viene invece ridotta attraverso l’approccio della Six-Sigma. Ogni sistema produttivo ha i propri input, output, processi e specifici problemi che devono essere studiati caso per caso. Molto importante per l’ottimizzazione è anche considerare le opinioni degli impiegati e dei lavoratori sulla produttività e qualità. [44]

L’atto del 2020 contiene 39 articoli che discutono argomenti quali l’analisi del potere qualitativo dei disturbi di BLDC dei motori usando la “wavelet transform”; l’ottimizzazione dei macchinari in lega di alluminio usando un full factorial design per gli esperimenti; la progettazione, analisi ed ottimizzazione dei fusi a snodo per i veicoli agricoli; le ricerche teoriche e sperimentali sulle proprietà meccaniche della produzione additiva di materiali duali; l’effetto dello strumento “pin profiles” sulle proprietà meccaniche dell’attrito per saldare i giunti; le differenti percezioni degli impiegati riguardo le conoscenze della gestione strategica nelle aziende informatiche in Bangalore; una rassegna sul presente scenario della catena di mantenimento a scorta frigorifero in India; l’implementazione del processo aziendale di reingegnerizzazione usando le strategie Lean e Green nel processo industriale e lo studio di composizioni biochimiche del sangue di mucche nutrite con bio-preparati contenenti un correttore immunitario. [45]

TERZO CAPITOLO

CONSIDERAZIONI CRITICHE

Analizzando gli articoli precedentemente riassunti è possibile notare che la maggior parte di essi parte dall'adattamento di uno strumento Lean, in particolare la Value Stream Map, tramite dei fattori Green. Infatti molto spesso vengono create delle versioni estese della VSM aggiungendo ad esempio il Carbon-Value Efficiency, dei metri di sostenibilità o degli indici calcolati partendo dagli inquinanti [34, 35, 43]. Più della metà degli articoli effettua un excursus sulla filosofia Lean, sui suoi strumenti o sulla necessità di adattarla per dare importanza anche all'impatto ambientale. In particolare alcuni articoli effettuano una disquisizione, analizzando la letteratura in merito, sulla correlazione tra Green e Lean. In modo più specifico gli articoli controllano se in letteratura sono presenti delle evidenze per cui l'applicazione di metodologie Lean porta ad avere un miglioramento di carattere ambientale. A favore di questa tesi troviamo ad esempio l'articolo "Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance" mentre altri ne evidenziano la non diretta correlazione [31, 29, 30]. Analogamente alla trattazione sulla filosofia Lean in gran parte degli articoli vengono elencati e spiegati i motivi per cui si necessita una produzione più attenta all'ambiente. Tra i più citati ci sono la crescente importanza che esso sta acquisendo tra i consumatori e le sempre più stringenti normative messe in atto dai Governi e dagli enti internazionali.

Scendendo più nel particolare alcuni articoli utilizzano altre metodologie oltre a quelle Lean, come la simulazione. Questo concetto è stato applicato ad esempio nell'articolo "Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean&Green manufacturing" dove si utilizzano software DES nella formazione della VSM, con la possibilità di valutare delle modifiche da effettuare. Come risultato di questa metodologia applicata a un caso studio si hanno vari aspetti positivi ma a livello ambientale si nota anche l'aumento dell'acqua consumata, legata all'operazione di set-up. Si potrebbe perciò procedere con l'applicazione di un altro strumento Lean come la SMED per cercare di ridurre il tempo di set-up mentre, per quanto riguarda la metodologia, si potrebbe verificare tramite altri studi se il risultato ottenuto deriva semplicemente dal numero delle componenti prodotte dall'azienda o è una limitazione dello strumento identificato [29]. Un altro esempio di simulazione è l'articolo "Waste reduction in production process through simulation and VSM" dove la Value Stream Map è data come input ai simulatori

insieme ad altri dati iniziali. In questo articolo però la parte Green è una conseguenza dell'applicazione della Lean sui modelli simulativi in quanto non viene definito un metodo da seguire per raggiungere i vantaggi ambientali, che sono ottenuti semplicemente in quanto coincidenti con un miglioramento della produzione [39]. Infatti ci sono altri articoli come “Lean and green in the transport and logistics sector – a case study of simultaneous deployment” dove la trattazione è molto focalizzata sulla parte Lean e quella Green viene considerata semplicemente applicando dei programmi ambientali sviluppati per aziende del settore. [33]

Spesso gli articoli sono molto settoriali, come accade in “The effective practices of mobile phone producers' green supply chain management in reducing GHG emissions” per cui si potrebbe provare ad applicare la metodologia individuata dallo studio ad altri settori citati nell'articolo stesso come l'industria cibaria, delle automobili, quella chimica, i produttori di condizionatori e di dispositivi elettronici in generale, anch'essi responsabili delle emissioni [32]. Nell'articolo di Lai e collaboratori la Part-packaging Value Stream Map è definita in modo così dettagliato per l'applicazione al caso studio, senza avere prima una sua trattazione generica, che potrebbe risultare difficile applicarla ad altri settori [42]. Alcuni studi, invece, come “Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance” cercano di mantenere la trattazione generica (in questo particolare caso la scelta è dovuta anche alla necessità di rendere visivamente semplice la VSM che si sta creando) proponendo un numero molto basso di metri, senza dare delle alternative per adattare la Sus-VSM ad un settore diverso [35]. D'altra parte alcuni articoli come “Introducing to supply chain management”, “Green business process management” o “Greener healthcare using ICT based BPR” attuano una trattazione molto generica dell'argomento. In particolare in quest'ultimo si sorvola il fatto che non tutti gli Stati abbiano i mezzi per applicare gli strumenti analizzati o che non tutti siano disposti a condividere informazioni con altri Paesi, oltre a non trattare a fondo l'aspetto della sicurezza dei dati, tanto più per ciò che riguarda la salute delle persone [46, 48, 49]. A volte alcuni articoli non considerano neanche un caso studio come succede in “Using the value chain model as a method of prioritizing green reengineering efforts” [51].

Ci sono anche articoli come “Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric” o come “An architecture and methodology for a four-phased approach to green business process reengineering” dove

la metodologia proposta potrebbe risultare complicata da applicare ad aziende più piccole, per cui si sarebbe potuto proporre uno strumento alternativo richiedente meno dati o con meno passaggi a discapito della precisione [34, 50].

ANALISI DEI DATI

Per quanto riguarda le key words individuate dagli autori, in due dei 24 articoli non sono state inserite, per cui nell'analisi statistica non verranno considerate. Sui rimanenti 22 è emerso che il 50% degli articoli presenta la parola "Green" e il 45,45% le parole "VSM" e "Lean" ma solo il 9,09% degli articoli, cioè 2, le ha inserite tutte e tre. In particolare, alla prima parola è associata per 3 volte la parola "Environment" ma essa viene scritta per un totale di 8 volte, che corrispondono al 36,36%. Anche il termine "Sustainability" presenta la stessa percentuale mentre la parola "Waste" è stata utilizzata 5 volte (22,72%) ed "Energy" solamente 3 (13,64%). Oltre a queste, le parole chiave più utilizzate sono "re-engineering" e "supply chain" con rispettivamente 6 articoli (27,27%) e 4 (18,18%) su 22. È stata effettuata la stessa analisi ma rispetto al numero di key words totali (148) ottenendo la seguente tabella (tabella 1).

| | PAROLA | NUMERO ASSOLUTO | PERCENTUALE |
|---|------------------|-----------------|-------------|
| 1 | "GREEN" | 12 | 8,12% |
| 2 | "LEAN" | 11 | 7,43% |
| 3 | "ENVIRONMENT" | 10 | 6,76% |
| | "VSM" | 10 | 6,76% |
| | "SUSTAINABILITY" | 10 | 6,76% |
| 4 | "SUPPLY CHAIN" | 7 | 4,73% |
| 5 | "RE-ENGINEERING" | 6 | 4,05% |
| 6 | WASTE" | 5 | 3,38% |
| 7 | "ENERGY" | 3 | 2,03% |

Tabella 1: tabella riassuntiva delle key words più utilizzate

Mediamente il numero di key words usate per descrivere gli articoli è quasi 7 (6,72), l'articolo che ne ha di più è "Introduction to supply chain management" mentre 3 è il numero inferiore riscontrato in "Strengthening the IHI waste identification tool with lean waste", in "A Generic Sankey Tool for Evaluating Energy Value Stream in

Manufacturing Systems” e in “Greening the value stream: Towards an environmental index”.

Per la totalità degli articoli è stato possibile controllare l’andamento temporale delle pubblicazioni, dove si è potuto verificare che il periodo con maggior numero di articoli pubblicati è stato nell’anno 2020 mentre per quasi un decennio (dal 1998 al 2005) non sono state effettuate pubblicazioni in questo ambito (Immagine 4)

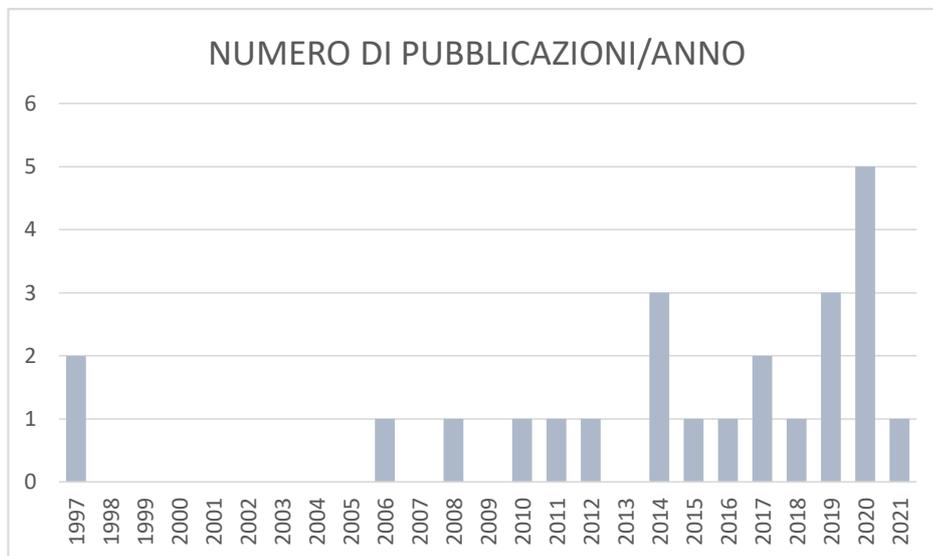


Immagine 4: istogramma pubblicazioni annuali

In modo più specifico si può analizzare anche il Paese dove la pubblicazione è stata effettuata, ottenendo il seguente grafico (Immagine 5), dal quale si può notare che sono gli Stati Uniti ad aver effettuato più pubblicazioni in questo ambito con 8 articoli. Successivamente troviamo la Germania con 3, l’India e il Portogallo con 2 articoli.

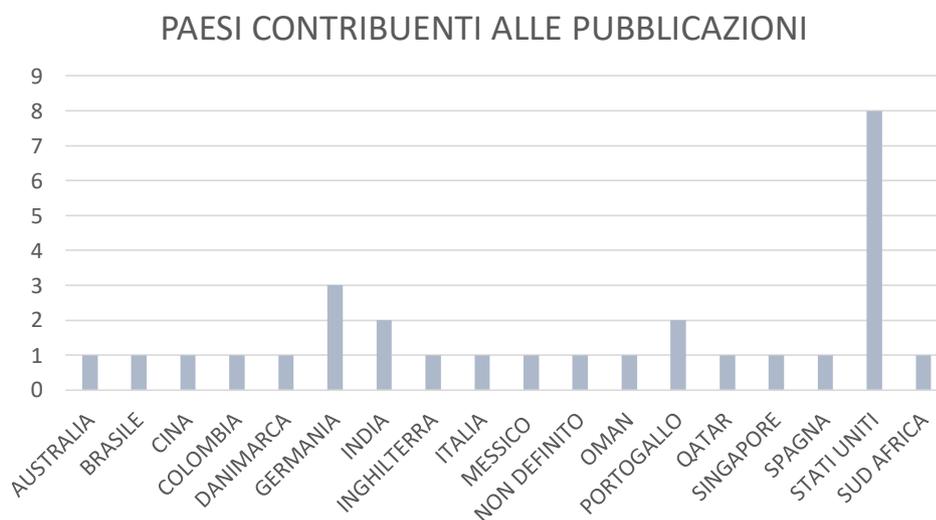


Immagine 5: riepilogo pubblicazioni per Paese

Un'ulteriore analisi statistica che si può effettuare usando le key words riguarda il settore degli articoli. Tra i più comuni si annoverano "Ingegneria", "Business e Management", "Energia" e "Scienze Ambientali" (Immagine 6).

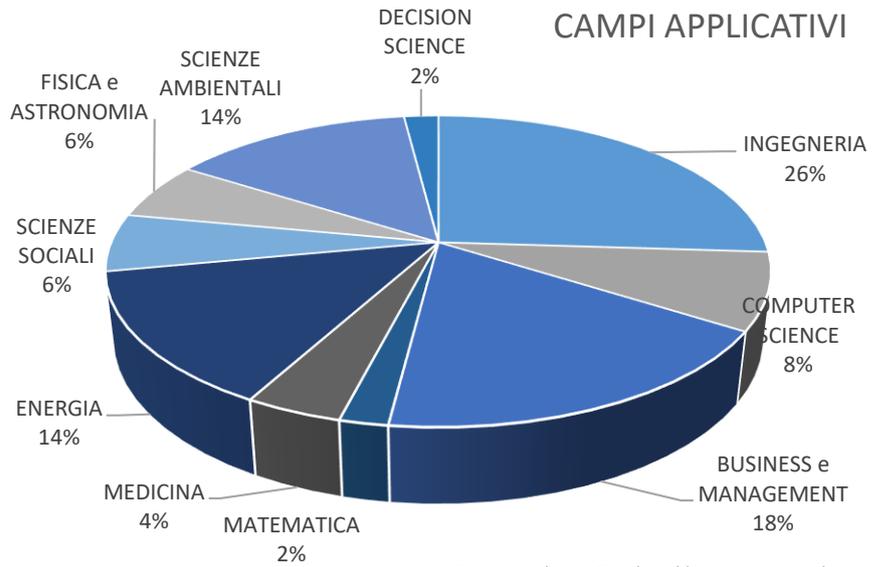


Immagine 6: riepilogo settori

La metodologia applicata più frequentemente è stata l'adattamento della Value Stream Map tramite vari fattori ambientali, scelti dai ricercatori o calcolati attraverso degli indici. Oltre a ciò, non ci sono molti fattori in comune perché ogni articolo segue un procedimento diverso anche se spesso lo strumento creato viene identificato sotto il nome di "Extended-VSM" o "Sustainable VSM". Inoltre, nell'applicazione a dei casi studio per validare gli strumenti, si ricorre ad altri metodi relativi alla Lean Production come il Kanban, la SMED o il TPM ma solo 1 articolo su 22 ha inserito una di queste parole tra le key words.

CONCLUSIONE

L'elaborato consiste nella trattazione della Lean Production, che si basa sull'eliminazione di 7 sprechi nel processo produttivo. Attraverso la filosofia nipponica si riduce la quantità prodotta al minimo necessario, cioè quella richiesta dal consumatore, senza però diminuire l'utile aziendale. Sono stati analizzati i principali strumenti della Lean Production, come Kanban, TPM, SMED, One Piece Flow e Just in Time. In particolare la Value Stream Map è stata il focus della trattazione per quanto riguarda una sua estensione in ottica Green. Molteplici tra gli articoli analizzati sono infatti partiti da questo strumento Lean per ampliare la sua applicazione al livello ambientale.

La crescente importanza dell'impatto produttivo sull'ambiente ha portato molti studiosi a cercare dei metodi per migliorare gli strumenti esistenti e renderli più "eco-friendly". L'applicazione di una VSM rivisitata o di altri metodi Lean riadattati per seguire un andamento più attento all'ambiente porta numerosi vantaggi in particolare raggruppabili in due categorie. Il primo campo è naturalmente quello dell'ambiente, quest'ultimo infatti guadagna benefici misurabili in riduzione nell'utilizzo di materie prime, acqua ed energia, diminuzione di emissioni e di inquinanti. Questi miglioramenti possono essere ottenuti utilizzando materiali riciclabili, energia proveniente da fonti rinnovabili ma anche applicando appunto la filosofia Lean e cioè riducendo gli sprechi ed ottimizzando il processo produttivo. Il secondo ambito è quello appunto del processo, visto sia come un insieme di operazioni che vengono migliorate che come il costo che il processo stesso ha. L'elevato costo iniziale richiesto alle aziende ha da sempre rappresentato uno dei maggiori limiti per l'applicazione di questa metodologia poiché verrà bilanciato dai guadagni attesi solo nei periodi successivi. D'altra parte i maggiori incentivi forniti dagli Stati o da organizzazioni internazionali stanno assottigliando sempre di più la somma da improntare e il tempo d'attesa. Inoltre molto spesso attuare politiche aziendali che rispettano l'ambiente si traduce in dei costi che non si avranno più, come ad esempio quelli dovuti alle tassazioni per chi non rispetta la legislatura in ambito ambientale o i costi legati all'energia che viene risparmiata utilizzando un macchinario più performante.

In particolare, per quanto riguarda l'analisi degli articoli approfonditi, la maggior parte di essi inizia con una trattazione sulle filosofie Lean e Green (anche se esse corrispondono rispettivamente al 7,43% e all'8,12% delle key words identificate dagli autori). Successivamente una grande maggioranza delinea la metodologia da proporre a cui segue

l'applicazione a un caso studio. Molte di queste tecniche sono state applicate a degli ambiti produttivi come automotive e industrie metallurgiche ma anche a settori come quello logistico e della supply chain. Naturalmente queste metodologie potrebbero essere allargate a diversi ambiti, proprio come è avvenuto per la Lean Production tradizionale, arrivando a poter essere applicati anche al settore terziario. Tutto ciò porterebbe a un'ulteriore svolta per poter sostenere la produttività intensa a cui siamo abituati nel rispetto dell'ambiente e attuando una migliore gestione delle risorse a nostra disposizione.

In conclusione dopo aver analizzato gli articoli si può affermare che ci sono diverse metodologie che estendono la Value Stream Map sempre seguendo un'ottica attenta all'impatto ambientale, che essa sia tramite dei singoli indicatori o attraverso degli indici. Queste metodologie presentano dei punti in comune e sono spesso applicate a settori simili tra di loro, riguardanti cioè la parte della produzione, senza però escludere altri campi applicativi. Infine tutti gli articoli sostengono il fatto che il nostro sistema produttivo abbia bisogno di un maggior numero di applicazioni Green che tengano in considerazione oltre all'efficienza ed economicità della produzione anche il suo impatto ambientale.

BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.federprogetti.it/che-cose-la-lean-production-e-quali-sono-le-sue-peculiarita/>
2. <https://www.progesa.com/it-it/lean-production-pensare-in-giapponese-e-lavorare-italian-style.aspx>
3. <https://www.makeitlean.it/blog/nascita-della-lean-production>
4. <https://leanmanufacturing.myblog.it/2010/12/14/storia-lean-manufacturing/>
5. www.lorenzogovoni.com/i-principi-della-lean-manufacturing/
6. <https://www.logisticaefficiente.it/mit-consulting/supply-chain/produzione/gestione-a-vista-posto-di-lavoro.html>
7. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/5s.html>
8. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/cellular-manufacturing.html>
9. <https://www.fiamgroup.com/it/il-significato-di-processi-poka-yoke-ecco-perche-diventano-sempre-piu-funzionali-nelle-produzioni-lean/>
10. <https://www.makeitlean.it/blog/il-sistema-kanban-un-esempio>
11. <https://www.lorenzogovoni.com/metodo-kanban/>
12. <https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/>
13. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/manutenzione.html>
14. <https://www.mitconsulting.it/la-metodologia-smed/>
15. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/takt-time.html>
16. <https://www.utekvision.com/it/blog/takt-time-cycle-time.html>
17. <https://www.logisticaefficiente.it/le/fabbrica-4-0/automazione-industriale/l-automazione-flessibile-la-transizione-dalla-produzione-di-massa-a-quella-one-piece-flow-impone-un-salto-evolutivo-per-tutte-le-tecnologie-hw-e-sw.html>
18. <https://www.produzioneagile.it/one-piece-flow-aumentare-la-produzione-in-reparto-semplicemente/>
19. <https://www.lorenzogovoni.com/six-sigma/>
20. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>
21. <https://www.headvisor.it/value-stream-mapping-vsm>
22. <https://www.make-consulting.it/value-stream-map-la-guida-completa/>
23. <https://www.mitconsulting.it/la-metodologia-fmea-failure-mode-and-effects-analysis/>
24. <https://www.leanevolution.com/magazine/heijunka-il-livellamento-dimpresa/>
25. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/heijunka.html#:~:text=Heijunka%20%C3%A8%20il%20livellamento%20di,Livellamento%20del%20mix%20di%20produzione>
26. <https://www.industr.com/en/sustainable-manufacturing-through-lean-manufacturing-2338001>

27. <https://nova.ilsole24ore.com/frontiere/il-valore-aggiunto-della-sostenibilita/>
28. <https://arca.unive.it/retrieve/handle/10278/34762/26793/lean%20and%20green.pdf>
29. Baumer-Cardoso, M.I., Campos, L.M.S., Portela Santos, P.P., Frazzon, E.M. (2020). Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean & Green manufacturing. *Journal of Cleaner Production* 242,118411
30. Silva, S., Sá, J.C., Silva, F.J.G., Ferreira, L.P., Santos, G. (2020). Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study. *Lecture Notes in Networks and Systems* 122, pp. 211-219
31. Muñoz-Villamizar, A., Santos, J., Garcia-Sabater, J.J., Lleo, A., Grau, P. (2019). Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance. *International Journal of Productivity and Performance Management* 68(3), pp. 608-625
32. Migdadi, Y.K.A.-A. (2019). The effective practices of mobile phone producers' green supply chain management in reducing GHG emissions. *Environmental Quality Management* 28(3), pp. 17-32
33. Garza-Reyes, J.A., Villarreal, B., Kumar, V., Molina Ruiz, P. (2016). Lean and green in the transport and logistics sector – a case study of simultaneous deployment. *Production Planning and Control* 27(15), pp. 1221-1232
34. Ng, R., Low, J.S.C., Song, B. (2015). Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production* 95, pp. 242-255
35. Faulkner, W., Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production* 85, pp. 8-18
36. Sanders, J.H. (2014). Strengthening the IHI waste identification tool with lean waste. *IIE Annual Conference and Expo 2014* pp. 3534-3543
37. Kuriger, G.W., Chen, F.F. (2010). Lean and green: A current state view. *IIE Annual Conference and Expo 2010 Proceedings*
38. Gargalo, C.L., Pons, E.P., Barbosa-Povoa, A.P., Carvalho, A. (2021). A lean approach to developing sustainable supply chains. *Sustainability (Switzerland)* 13(7),3714
39. Bait, S., Di Pietro, A., Schiraldi, M.M. (2020). Waste reduction in production processes through simulation and VSM. *Sustainability (Switzerland)* 12(8),3291
40. Al-Bimani, A., Kulkarni, R., Al-Muqbali, H., (...), Kumar, N., Gupta, S. (2017) Successful standardization and sustainable well management system for ESP well surveillance & optimization across PDO. *Society of Petroleum Engineers - SPE Electric Submersible Pump Symposium 2017* pp. 85-106

41. Li, W., Thiede, S., Kara, S., Herrmann, C. (2017). A Generic Sankey Tool for Evaluating Energy Value Stream in Manufacturing Systems. *Procedia CIRP* 61, pp. 475-480
42. Lai, J., Harjati, A., McGinnis, L., Zhou, C., Guldberg, T. (2008). An economic and environmental framework for analyzing globally sourced auto parts packaging system. *Journal of Cleaner Production* 16(15), pp. 1632-1646
43. Whitman, L.E., Twomey, J., Patil, A. (2006). Greening the value stream: Towards an environmental index. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* 9(PART 1), pp. 109-113
44. Vinayagasundaram, R., Ramkumar, V., Kavi Arasu, K., Sriram Anax, S.A. (2020). Implementation of business process re-engineering using lean and green strategy in manufacturing industry. *AIP Conference Proceedings* 2207,0000080
45. 1st International Conference on Sustainable Manufacturing, Materials and Technologies (2020). *AIP Conference Proceedings* 2207
46. Rehman Khan, S.A., Yu, Z. (2019). Introduction to supply chain management. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing* pp. 1-22
47. Ogunlela, G.O. (2018). Green supply chain management as a competitive tool in the fast-moving consumer goods manufacturing industry. *Journal of Business and Retail Management Research* 12(4), pp. 167-176
48. Opitz, N., Krüp, H., Kolbe, L.M. (2014). Green business process management - A definition and research framework. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences* 6759075, pp. 3808-3817
49. Nizar Hussain, M., Subramoniam, S. (2012). Greener healthcare using ICT based BPR. *2012 International Conference on Green Technologies, ICGT 2012* 6477975, pp. 215-222
50. Nowak, A., Leymann, F., Schumm, D., Wetzstein, B. (2011). An architecture and methodology for a four-phased approach to green business process reengineering. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 6868 LNCS, pp. 150-164
51. Schatzberg, L., McCandless, D., Gupta, V.K. (1997). Using the value chain model as a method of prioritizing green reengineering efforts. *Innovation in Technology Management - The Key to Global Leadership, PICMET 1997: Portland International Conference on Management and Technology* 653665, pp. 839-842
52. Clendenin, J.A. (1997). Closing the Supply Chain Loop: Reengineering the Returns Channel Process. *The International Journal of Logistics Management* 8(1), pp. 75-86