



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Analisi delle prestazioni per magazzini industriali

Performance analysis for industrial warehouses

Relatore:

Prof. Ing. Maurizio Bevilacqua

Correlatore:

Ing. Sara Antomarioni

Tesi di Laurea di:

Alessia Tancredi

Anno accademico 2019-2020

INDICE

INTRODUZIONE	1
1. LA LOGISTICA DEI MAGAZZINI	3
1.1. LE TIPOLOGIE DI MAGAZZINO.....	5
1.2. IL MAGAZZINO TRADIZIONALE	7
1.3. IL MAGAZZINO SEMIAUTOMATICO.....	11
1.4. IL MAGAZZINO AUTOMATICO	14
1.5. IL MAGAZZINO INTENSIVO AUTOMATIZZATO: AS/RS	16
1.6. I COSTI DEL MAGAZZINO	16
2. GLI INDICATORI DI PRESTAZIONE	18
2.1. PANORAMICA SUGLI INDICATORI.....	19
3. VALUTAZIONE DELLE PERFORMANCE NEI MAGAZZINI	26
3.1. ANALISI DELLA LETTERATURA	28
3.2. IL PERFECT ORDER RATE.....	32
3.3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	33
3.4. ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS	35
3.5. BALANCED SCORECARD.....	37
3.6. ARENA	40
3.7. LOGISTIQUAL	42
3.8. VALUE STREAM MAPS	48
CONCLUSIONI	52
BIBLIOGRAFIA	53
SITOGRAFIA.....	55

INTRODUZIONE

Al giorno d'oggi la gestione di un'azienda è diventata un elemento di primaria importanza. Ogni componente della supply chain è un caso a sé e per questo deve essere orientato e gestito nel migliore dei modi, valutando accuratamente il quadro aziendale. Il presente elaborato sarà inerente al magazzino industriale; in particolare, sarà analizzata la letteratura a disposizione per capire come vengono valutate le performance dello stesso. Inoltre, sarà effettuato un focus sugli indicatori di prestazione e sui software gestionali maggiormente impiegati per il controllo e il monitoraggio di tutte le fasi operative inerenti il magazzino.

In uno scenario globale sempre più orientato alla competizione, il continuo monitoraggio delle prestazioni non è più un'opzione, bensì una necessità. Il bisogno di stabilire degli obiettivi, delle modalità di raggiungimento e di verifica dei risultati tramite indicatori, è una condizione necessaria, purtroppo non sufficiente, per poter garantire l'ottimizzazione di un'organizzazione.

La misura delle prestazioni è il cuore della gestione di un processo industriale. Essa consente di individuare i dati che dovranno essere raccolti e analizzati, di documentare gli sviluppi delle attività, di identificare le aree di forza e di debolezza e di guidare i processi di miglioramento.

La misura delle prestazioni supporta quindi l'esistenza stessa di un'impresa, garantendo che le strategie evolutive siano in linea con i target prefissati e siano condivise da tutti gli attori del processo: gli stakeholder nel loro complesso [3].

La crescente importanza dell'efficienza e l'attenzione alle competenze chiave, hanno aperto molte opportunità per i fornitori di servizi logistici. I clienti richiedono tempi di consegna sempre più ridotti e servizi più accurati; di conseguenza aumentano gli impegni e il rispetto contrattuale da parte dei fornitori di servizi logistici. Gli indicatori di prestazione risultano essere uno strumento utile per ottimizzare la gestione di questi sistemi complessi. Inoltre, il crescente utilizzo della tecnologia dell'informazione e della comunicazione, anche nelle piccole e medie

imprese, facilita la raccolta di dati su una scala più ampia e potrebbe portare a una misurazione delle prestazioni più estesa e completa.

La maggior parte dei flussi fisici e informativi, relativi sia al ciclo logistico che all'intero sistema aziendale, è concentrata proprio nei magazzini; per cui essi sono considerati delle componenti fondamentali da valutare accuratamente. Per questi motivi il primo passo in qualsiasi processo di miglioramento aziendale è la misurazione; infatti, se non conosciamo la realtà che vogliamo migliorare, non è possibile apportare nessun cambiamento. Quindi, è necessario affidarsi agli indicatori di prestazione e ci si soffermerà sui parametri di magazzino, con l'obiettivo di mettere a confronto le varie realtà bibliografiche.

La tesi è organizzata nel seguente modo: inizialmente sarà fornita una panoramica generale sui magazzini esistenti, sulle diverse tipologie ed il loro utilizzo; successivamente si entrerà nel cuore dello studio svolto, andando a comprendere come siano valutate le performance dei magazzini industriali nella letteratura a disposizione, quali indicatori e quali strumenti vengono utilizzati maggiormente. Infine verranno tratte le conclusioni in merito.

1. LA LOGISTICA DEI MAGAZZINI

I magazzini ricoprono un ruolo fondamentale nell'ambito della gestione aziendale; si tratta di strutture logistiche che, insieme alle attrezzature di stoccaggio e movimentazione, alle risorse umane e gestionali, consentono di regolare le differenze tra i flussi in entrata delle merci (ricevute dai fornitori o dai centri produttivi) e quelli in uscita (le merci inviate alla produzione o la vendita), permettendo quindi alle aziende di ricevere, conservare e distribuire le referenze.

Il magazzino ha lo scopo di "proteggere" l'impresa da fluttuazioni improvvise della domanda e da inefficienze di diverso genere; attraverso un collegamento tra le capacità produttive e la domanda, anche la gestione operativa sarà sicuramente più efficiente. Possono essere di diverse dimensioni in base alla necessità dell'azienda, al tipo di attività svolta e ai volumi trattati, andando dalle dimensioni di qualche centinaio di metri quadrati fino addirittura a 100000 metri quadrati.

Il principale obiettivo che un magazzino si prefigge di raggiungere è sicuramente la conservazione di giuste quantità di prodotto (per venire incontro alle esigenze della clientela) in un luogo il più possibile adeguato, cercando di minimizzare i costi operative [6].

Le principali attività che caratterizzano la gestione del magazzino possono essere suddivise in:

- 1) Entrata delle merci: scarico, ricevimento delle merci e sosta in magazzino; controllo della qualità e della quantità dei prodotti ricevuti; relativa registrazione dei prodotti consegnati e segnalazione di eventuali anomalie; disimballo e allocazione della merce.
- 2) Stoccaggio: trasferimento dei prodotti nei box di riserva o nella zona di stoccaggio; conferma della locazione per un eventuale controllo; trasferimento della merce in caso di rifornimento dei box di prelievo.

3) Prelievo: vengono riassunte tutte quelle attività necessarie per prelevare i prodotti al fine di evadere l'ordine, per l'imballo e il controllo, comprendendo anche il rifornimento del materiale

necessario per imballare i prodotti.

4) Smistamento: indispensabile per mantenere un certo ordine così da suddividere i prodotti per cliente o veicolo.

5) Uscita delle merci: il caricamento dei veicoli e la spedizione.

Data la molteplicità di fasi e quindi di attività indispensabili per operare una corretta gestione del magazzino, è necessario che l'azienda, come prima regola, studi il ciclo logistico di cui fa parte il magazzino in maniera dettagliata e solo dopo passare alla vera e propria progettazione e verifica.

Tanti magazzini infatti non studiano in maniera dettagliata il ciclo logistico provocando così colli di bottiglia o zone inutilizzate; il magazzino, invece, deve essere progettato tenendo conto del contesto aziendale e delle situazioni che l'azienda deve affrontare [4].



Figura 1 - Magazzino industriale [a]

1.1. LE TIPOLOGIE DI MAGAZZINO

I magazzini possono essere molto diversi l'uno dall'altro, ne esistono diverse tipologie e sono classificabili in base a diversi parametri.

Classificazione in base al flusso dei materiali:

- Materie prime: contiene tutti i materiali e i componenti che servono per ottenere semilavorati o prodotti finiti, assicura quindi una riserva di materiale grezzo;
- *WIP (work in progress)*: sono dei semilavorati che hanno subito delle trasformazioni, ma non sono ancora completi; rappresenta un polmone tra lavorazioni con cadenze di produzione differenti;
- Prodotti finiti: contiene appunto il prodotto finito, composto di tutte le sue parti, idoneo ad essere venduto al cliente finale; ha la funzione di sopperire ai ritardi della produzione rispetto alla distribuzione.

Classificazione in base alla combinazione dei carichi ricevuti:

- Magazzino di consolidamento: è utilizzato per combinare carichi multipli in un carico unitario. Invece di spedizioni costose del tipo LTL (less-than-truckload) o spedizioni poco frequenti di tipo TL (Full Truckload) da ogni fornitore verso il cliente, il magazzino di consolidamento garantisce spedizioni TL meno costose e più frequenti.

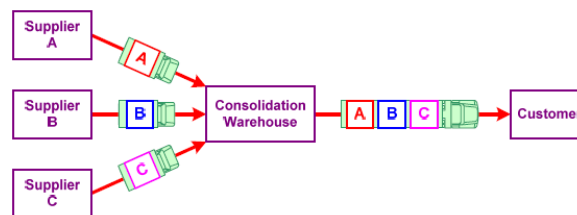


Figura 2 – Consolidation warehouse [2]

- Magazzino di Cross-Dock: viene utilizzato per combinare il trasporto di merce in modo che le spedizioni a pieno carico TL possano essere effettuate per tutti i trasporti dai fornitori ai clienti. Il ricevimento e la spedizione sono generalmente coordinati in modo che il magazzino non necessiti di capacità di stoccaggio, riorganizzano i carichi in ingresso per ottimizzare la consegna.

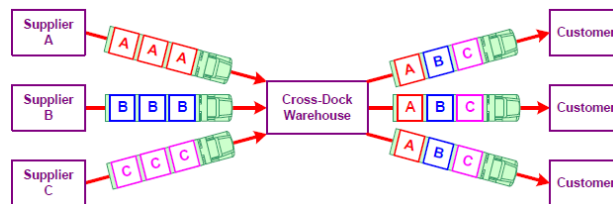


Figura 3 – Cross-dock warehouse [2]

- Magazzino di Break-Bulk: in presenza di un magazzino multi-mercato una spedizione di tipo TL su lunga distanza, proveniente dal fornitore, è suddivisa in carichi di minore dimensione per essere inviati su brevi distanze ai clienti finali.

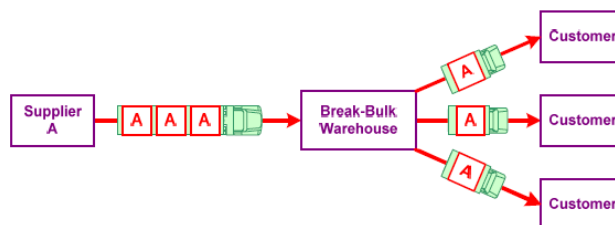


Figura 3 – Break-bulk warehouse [2]

Classificazione in base al grado di automazione:

- Magazzini manuali (o tradizionali): grado di automazione nullo; può presentare strumenti meccanizzati;
- Magazzini semiautomatici: solo alcune attività sono svolte in modo automatico;
- Magazzini automatici: non implicano l'intervento umano nelle attività svolte: picking, refilling, stoccaggio, pallettizzazione, non richiedono la presenza dell'operatore.

1.2. IL MAGAZZINO MANUALE

I magazzini manuali (o tradizionali) sono quelli classici, in cui l'automazione è assente e le operazioni vengono eseguite dagli operatori e dagli addetti al magazzino. La movimentazione delle merci può avvenire anche in combinazione con mezzi di sollevamento quali carrelli elevatori o transpallet. Questi impianti sono caratterizzati da scaffalature industriali convenzionali e carrelli frontali. Ne esistono diverse tipologie a seconda dello scopo principale e dello spazio a disposizione:

- *Sovrapposizione diretta delle unità di carico (catasta)*: tipicamente utilizzata per materiali leggeri e non danneggiabili, movimentabili con carrelli elevatori o transpallet a forche; i pallet vengono accatastati in blocchi monoprodotta, separati dai corridoi necessari per la movimentazione.



Figura 4 – Sovrapposizione a catasta [2]

- *Scaffalature a ripiani*: idonee per i magazzini in cui è necessario stoccare prodotti pallettizzati di molteplici tipologie. I vantaggi più evidenti di un magazzino di questo tipo consistono nel favorire la movimentazione delle merci, poiché si può accedere direttamente a ciascun pallet senza dover muovere o spostare gli altri; avere un perfetto controllo degli stock; essere adattabili a qualsiasi tipo di carico, sia per peso che per volume.



Figura 5 – Scaffalature a ripiani [b]

- *Scaffalature drive-in*: sono state progettate per immagazzinare prodotti omogenei, con un gran numero di pallet per articolo. È il sistema che permette il massimo utilizzo dello spazio disponibile, sia in superficie sia in altezza essendo composto da una scaffalatura che forma una serie di tunnel interni di carico, con binari di appoggio per i pallet. I carrelli entrano in

questi tunnel interni con il carico elevato al di sopra del livello in cui va depositato; ogni tunnel di carico è dotato, su entrambi i lati, di binari di appoggio disposti a diversi livelli, sui quali si depositano i pallet.

È consigliabile che tutti i prodotti immagazzinati in un tunnel di carico siano dello stesso articolo, per evitare movimentazioni non necessarie dei pallet.

La profondità di ogni tunnel dipenderà dal numero di pallet per articolo, dallo spazio da occupare e dal tempo di immagazzinaggio.

La capacità d'immagazzinaggio del sistema drive-in è superiore a quella dei porta pallet convenzionali.



Figura 6 – Scaffalature drive-in [c]

- *Scaffalature dinamiche*: sono utilizzate per lo stoccaggio di prodotti pallettizzati, sono strutture compattabili dotate di rulliere disposte in leggera pendenza per consentire il movimento dei pallet, i quali vengono inseriti dalla parte più alta delle rulliere e si muovono per gravità e a velocità controllata fino a giungere all'estremità opposta pronti per essere estratti. Sono idonee nel caso in cui si abbia a che fare con prodotti deperibili, per magazzini intermedi fra due zone di lavoro o magazzini di sosta



Figura 7 – Scaffalature dinamiche [2]

- *Scaffalature flow rail*: La scaffalatura industriale Flow-Rail rappresenta un'ulteriore soluzione per il magazzinaggio ad alta densità. Particolarmente adatta allo stoccaggio di merci collocate su pallet in legno, consente lo spostamento delle singole unità di carico mediante l'utilizzo di meccanismi a catena dentata.

La gestione avviene con logica LIFO (last in - first out). Analogamente al magazzino a gravità pesante in contropendenza, necessita di un unico fronte sia per il carico che per lo scarico dei pallet.

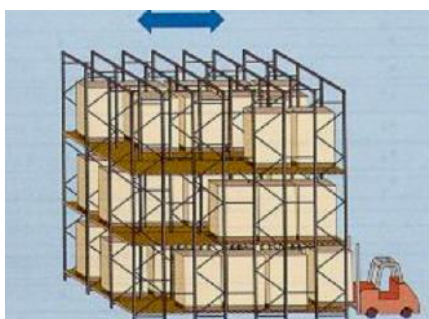


Figura 8 – Scaffalature flow rail [2]

- *Scaffalature per Picking con commissionatori*: Le operazioni di picking mediante macchine che preparano gli ordini o commissionatori, facilitano all'operatore tutti i suoi compiti e lo aiutano ad accedere ai livelli e trasportano la merce.

Sono macchine che lavorano in corsie strette e che richiedono di essere guidate nella parte inferiore. La cabina con l'operatore sale insieme alle forche e si ferma all'altezza di lavoro.

Inoltre, permettono il massimo sfruttamento dell'altezza, garantendo un accesso facile e rapido a qualsiasi merce.

Queste scaffalature sono dotate di gran capacità di carico delle macchine, cosa che favorisce la preparazione multipla o il raggruppamento degli ordini.

I commissionatori, hanno bisogno di essere guidati all'interno delle corsie di stoccaggio per cui le macchine necessitano di un sistema di guida che può essere di tipo filoguidato o a guida meccanica.

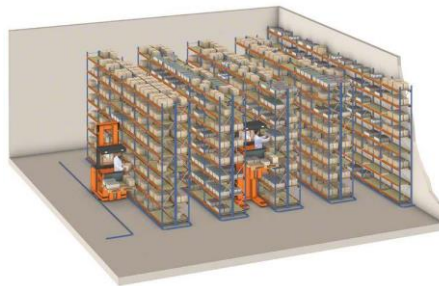


Figura 9 - Scaffalature per picking con commissionatori [2]

1.3. IL MAGAZZINO SEMIAUTOMATICO

I magazzini semiautomatici sono tecnologicamente più avanzati rispetto a quelli tradizionali, ma hanno bisogno comunque di manodopera per il disimpegno delle operazioni. In questi centri si ricorre solo parzialmente alle soluzioni di stoccaggio

automatico, a cui si affianca di solito un WMS (Warehouse Management System), allo scopo di migliorare la gestione delle fasi operative. Trattandosi di un livello intermedio di automazione, migliora la produttività e al contempo risulta una soluzione più economica rispetto all'automatizzazione totale dell'impianto. Le aziende che scelgono questo tipo di magazzino intendono ridurre gli errori di picking e i conseguenti costi extra che generano.

Essi sono costituiti da una serie di scaffalature tra le quali si muove un trasloelevatore. Le possibili soluzioni impiantistiche riguardano la struttura del fabbricato, il numero dei trasloelevatori, il numero di corridoi, la profondità delle celle e il numero di forze per trasloelevatore.

Analizziamo le diverse tipologie esistenti:

- *Scaffalature compattabili*: l'impianto compattabile è costituito da scaffalature metalliche porta pallet fissate su basi mobili scorrevoli su rotaie incassate a pavimento. In questo modo si elimina lo spazio superfluo ottenendo un unico corridoio di accesso, creato opportunamente all'interno del blocco di elementi mobili, in corrispondenza del fronte di scaffali sul quale deve essere effettuata l'operazione di deposito-prelievo del pallet. L'apertura del corridoio nella posizione desiderata può avvenire manualmente, agendo sul fronte di ciascuno scaffale mobile, oppure in modo semiautomatico, premendo un pulsante su una tastiera a bordo del carrello elevatore, interfacciando il sistema con un PC che aziona automaticamente il comando di apertura e movimentazione delle basi mobili e contemporaneamente trasmette informazioni in tempo reale in radiofrequenza al carrellista, dotato di opportuno terminale radio, le informazioni necessarie in sequenza ottimizzata.



Figura 10 – Scaffalature compattabili [2]

- *Soppalchi*: permettono di sfruttare al massimo l'altezza utile di un locale, duplicandone o triplicandone la superficie, e di creare aree dedicate a magazzini, guardaroba, uffici, ecc.



Figura 11- Soppalchi [d]

- *Passerelle*: l'importanza di sfruttare al massimo lo spazio del magazzino richiede soluzioni che permettano di accedere ai livelli più alti; una di queste soluzioni consiste nell'installare scaffalature alte con uno o vari livelli di passerelle o corridoi sopraelevati appoggiati alle scaffalature stesse. Si accede ai diversi livelli di passerelle con scale adeguatamente posizionate in funzione dell'accessibilità e della sicurezza.

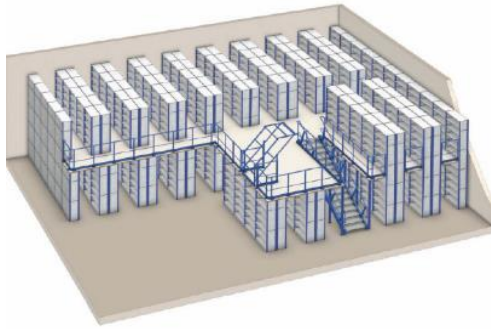


Figura 12 – Passerelle [2]

- *Scaffalature cantilever*: sono ideali per il magazzinaggio di pezzi di grande lunghezza o con misure variabili come, ad esempio, profilati metallici, tubi, listelli, tavole di legno, lastre metalliche o di materiale plastico, ecc.

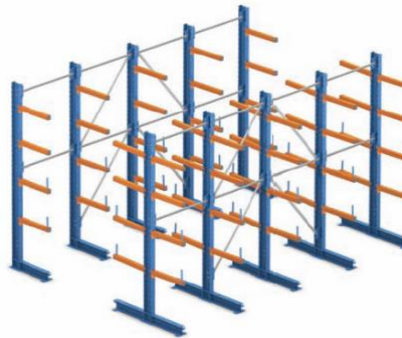


Figura 13 – Scaffalature cantilever [2]

- *Magazzini a carosello*: sono costituiti da una serie di contenitori collegati da un nastro messo in moto dal sistema di movimentazione per far arrivare il contenitore ad un piano di deposito dove l'operatore recupera i prodotti che sono poco voluminosi. Possono essere sia a struttura orizzontale che verticale e permettono di ottimizzare lo spazio; vengono maggiormente utilizzati per le operazioni di immagazzinamento e di recupero, per il trasporto e accumulo e nel Work-in-process [2].



Figura 14 – Magazzino a carosello [e]

1.4. IL MAGAZZINO AUTOMATICO

Negli ultimi anni il settore della logistica ha vissuto una forte evoluzione che spinge verso l'integrazione delle nuove tecnologie (soprattutto sistemi tradizionali, macchine e software digitali). Il magazzino diventa sempre più automatico, con una forte vocazione smart e viene progettato per raggiungere la massima produttività e flessibilità. L'automazione del magazzino logistico è un passo fondamentale per abbattere costi inutili, incrementare l'efficienza operativa e la sicurezza generale del magazzino (dei lavoratori e delle merci).

I flussi logistici all'interno dei magazzini automatizzati si basano sull'approccio del *goods-to-man* (merci all'uomo), per cui sono i prodotti a spostarsi verso gli operatori grazie a una combinazione di sistemi automatici. Un ciclo operativo legato alla movimentazione coinvolge di solito trasloelevatori, software WMS e trasportatori industriali. I trasloelevatori per pallet, dotati di forche telescopiche, sono collegati direttamente al Software WMS da cui ricevono gli ordini. Una volta trasmesso l'ordine, i trasloelevatori realizzano le operazioni di deposito e prelievo in maniera rapida, posizionano le merci sui nastri trasportatori, che a loro volta le faranno viaggiare direttamente verso le postazioni di picking. Questi impianti necessitano di un esborso iniziale più alto, ma assicurano un maggiore rendimento nel breve e nel lungo termine. Un magazzino che sfrutta appieno

l'automazione permette non solo di ridurre i costi, ma di migliorare la performance in modo significativo. Allo stesso tempo, aumenta il livello di sicurezza dell'impianto, i livelli di servizio e la soddisfazione del cliente [1].



Figura 15 – Magazzino automatico [f]

1.5. MAGAZZINO INTENSIVO AUTOMATIZZATO: AS/RS

Gli Automated Storage Retrieval System sono caratterizzati da tre elementi: una serie di scaffalature, un trasloelevatore e un sistema di gestione. I vantaggi di questi magazzini sono rappresentati dalla possibilità di raggiungere altezze elevate con conseguente risparmio di aree, dalla rapidità di movimentazione e dalla facilità di attuazione dei criteri FIFO (First In First Out) e LIFO (Last In First Out).

Il sistema di gestione di un ASRS ha il compito di ottimizzare le missioni dei trasloelevatori, riconoscere il materiale grazie all'utilizzo di codici a barre, gestire il magazzino e utilizzare in maniera ottimale gli scaffali a disposizione.



Figura 16 – AS/RS [g]

1.6. I COSTI DEL MAGAZZINO

Il magazzino è una struttura utilizzata dalle aziende per ottenere una serie di vantaggi; d'altro canto però vi sono alcuni costi da sostenere che non sono affatto trascurabili:

- Costi di produzione, dipendono dal volume di produzione, dal metodo di stoccaggio e dalla movimentazione;
- Costi di imballaggio, sostenuti per l'acquisto di materiale idoneo ad imballare e proteggere i singoli articoli;
- Costi di magazzinaggio, variano in base al volume e al livello di attività, ai sistemi di stoccaggio e in riferimento alla movimentazione interna;
- Costi di mantenimento a scorta, derivanti dall'investimento del capitale in scorte o il costo derivante dall'obsolescenza dei prodotti;
- Costi per vendite perse, derivanti da mancate vendite a causa di un'inadeguatezza del servizio;
- Costi di trasporto, riferiti sia al trasporto primario che alla consegna;
- Costi di elaborazione delle informazioni, comprendono una serie di iniziative, vanno dai costi sostenuti per la raccolta degli ordini fino alla gestione dei sistemi informativi [6].

2. GLI INDICATORI CHIAVE DI PRESTAZIONE

Gli indicatori chiave di prestazione sono una serie di indici quali/quantitativi che valuta i risultati aziendali conseguiti, con riferimento ad aspetti fondamentali della gestione aziendale, come il livello di servizio garantito al cliente, il livello delle scorte in magazzino, il livello di costi per i trasporti, ecc.

In un ambiente competitivo come quello attuale, il sistema di misurazione delle performance deve racchiudere un'estensione molto ricca di misuratori dei business process: per questo motivo i Key Performance Indicators (KPI) sono focalizzati principalmente sui processi. L'obiettivo è quello di misurare l'intera gamma di prestazioni di un processo, che nel suo insieme deve quantificare il valore dell'output del processo per il cliente. I KPI quindi misurano:

- Le prestazioni di efficienza
- Il livello di servizio
- La qualità dei processi aziendali.

Le prestazioni di efficienza: Gli indicatori misurano la produttività e i costi unitari con cui sono ottenuti gli output per i clienti del processo. La misurazione dell'efficienza è l'obiettivo primario dei tradizionali sistemi di controllo di gestione, che calcolano margine e costi totali delle attività e dei prodotti. Ad esempio, quanto tempo impiego per prelevare il materiale per la spedizione, quanto costa trasportare la merce dal magazzino di Torino a quello di Bologna.

Il livello di servizio: Gli indicatori misurano i tempi di risposta alle richieste del cliente e la flessibilità del fornitore (il time to market, il lead time, la percentuale di modifiche accettate, il numero di consegne corrette, il numero di consegne non danneggiate sia verso il cliente che da parte del fornitore, ecc.).

La qualità dei processi aziendali: Gli indicatori misurano la conformità degli output alle attese del cliente. Indicatori tipici sono le percentuali di scarti e resi o il livello di immagine.

Nell'ottica KPI, il processo gestionale come abbiamo visto è un insieme di attività che produce un output in risposta a richieste di servizio, utilizzando una serie di risorse. Gli indicatori KPI sono rivolti a misurare l'intera estensione di prestazioni di un processo, che nel loro insieme devono calcolare il valore dell'output del processo per il cliente. Queste misure di prestazione verso il cliente possono essere integrate da altri indicatori che uniscono informazioni sulla condizione in cui le prestazioni stesse sono state fornite. Tali indicatori possono riguardare i volumi in input e in output, come il volume e l'assortimento degli ordini dei clienti o il numero e l'assortimento dei prodotti in output.

2.1. PANORAMICA SUGLI INDICATORI

Gli indicatori consentono di “filtrare” l'enorme flusso di dati che sempre più intensamente ruota intorno ad un'organizzazione. È noto infatti che, al crescere della numerosità dei dati, la gestione dei sistemi diventi sensibilmente più difficile. Le attività e le decisioni sono altamente influenzate dal tipo, dalle modalità d'uso e dall'orizzonte temporale degli indicatori che si considerano (di breve o lungo periodo).

Gli indicatori assolvono sostanzialmente alle seguenti tre funzioni base:

- *Controllo*: consentono ai gestori dei processi di valutare e controllare le prestazioni delle risorse di cui sono responsabili;
- *Comunicazione*: consentono di rendere note le prestazioni di un processo a tutti coloro che interagiscono con esso. Indicatori poco evoluti, o poco rappresentativi di un processo possono determinare conflitti, confusione e talvolta frustrazione tra gli operatori;
- *Miglioramento*: permettono di identificare i salti prestazionali tra aspettative e risultati ottenuti. L'ampiezza e la direzione dei *gap* forniscono indicazioni utili per la messa a punto di strategie di miglioramento dei processi.

In generale, gli indicatori forniscono i risultati sia in termini finanziari, sia in termini operativi. I primi traducono le risorse in termini monetari, mentre i secondi le

rappresentano in termini di altre variabili quali tempi, numero di addetti, numero di unità prodotte, livelli di scorta, numero di difetti ecc.

Il secondo elemento della classificazione riguarda le *modalità di utilizzo*. Gli indicatori possono essere adoperati per valutare le prestazioni avvenute o per “stimolare” le prestazioni future. La gran parte degli indicatori riguardante i costi, in ambito aziendale, appartiene alla prima categoria. Al contrario, un uso predittivo degli indicatori è finalizzato ad aumentare le opportunità di raggiungimento di un certo obiettivo. L’uso degli indicatori come strumento di “condizionamento” dei processi è relativamente nuovo. Esso risulta particolarmente efficace quando l’interesse della gestione è finalizzato alla prevenzione dei problemi, più che alla loro correzione.

È un dato universalmente osservabile che la gran parte delle organizzazioni complesse, con la finalità di assicurare la giusta attenzione ai risultati conseguiti, alle responsabilità e al raggiungimento degli obiettivi, si sia dotata di un sistema di misura delle prestazioni.

I responsabili della gestione aziendale sfruttano i key performance indicators (KPI) per allocare le risorse e per selezionare le strategie maggiormente adeguate da implementare. Gli indicatori di prestazione sono diventati il “protocollo di comunicazione” dello stato di salute di un’organizzazione verso l’esterno, mentre i concetti e le norme sulla qualità ne sono divenuti il braccio operativo verso l’interno [3].

Presentiamo una serie di KPI ricorrenti nella valutazione delle prestazioni dei magazzini:

Prospettiva interna - Punto di vista della gestione

- Efficacia
- Entrate
- Margini di profitto
- Utilizzo della capacità
- Km al giorno
- Produttività del lavoro

- Prezzo
- Fatturato per km
- Numero di consegne
- Vantaggio per consegna
- Gite per periodo
- Adempimento dell'ordine perfetto
- Superficie di archiviazione
- Volume di archiviazione
- Rack di archiviazione
- Numero e caratteristiche di banchine
- Numero totale di ordini
- Numero di clienti
- Numero di nuovi clienti
- Numero di clienti regolari
- Numero di clienti redditizi
- Miglioramento continuo, tasso
- Gamma di prodotti
- Pianifica la realizzazione
- Capacità di carico totale (per camion)
- Prestazioni di consegna puntuali
- Varietà del prodotto
- Quantità di prodotti
- Separazione delle aree di memoria
- Attrezzature per la movimentazione (elettriche, a gas e carrelli elevatori diesel / benzina)
- Controllo della ventilazione
- Disponibilità / sviluppo di piani a lungo termine
- Larghezza della quota di mercato
- Numero di mercati che sono stati penetrati
- Efficacia del programma di pianificazione della distribuzione
- % di ordini programmati su richiesta del cliente

- % di contratti con i fornitori negoziati rispetto ai termini target e condizioni per qualità, consegna, flessibilità e costi
- Vantaggio competitivo
- Certificazione (ISO 9001/9002, SQAS, HACCP)
- Possibilità di immagazzinaggio di oggetti pericolosi
- Controllo della temperatura
- Distanza dall'autostrada
- Distanza dal treno
- Distanza dal collegamento alla via navigabile
- Efficienza
- Costo totale di distribuzione
- Utilizzo del lavoro
- Percentuale ambientale
- Ore di straordinario
- % Dipendenti assenti
- Stipendi e benefici
- Spese controllabili
- Spese non controllabili
- Costi del servizio clienti
- Costi di gestione degli ordini
- Inventari
- Numero di camion in uso
- Totale costi di consegna
- Pallet all'ora
- Consumo medio di carburante per km
- Tempo medio di riprogrammazione della consegna
- Costi di marketing
- Costi di fallimento
- Costi di prevenzione
- Costi di valutazione / ispezione
- % di ordini non riusciti

- % di km realizzati su km pianificati
- Costi di misurazione delle prestazioni
- Costi delle risorse umane
- Costi di attività variabili
- Costi delle immobilizzazioni
- Costi del sistema informativo
- Spese generali / di gestione / amministrative
- Qualità della documentazione di consegna per camion / conducente
- Efficacia dei metodi di fatturazione in consegna
- % ordini / righe ricevute con documenti di spedizione corretti
- % prodotto trasferito senza errori di transazione
- Tempo di cambio articolo / prodotto / grado
- Costi di gestione degli ordini
- Costi finanziari della catena di approvvigionamento
- Costi totali della catena di approvvigionamento
- Tempo totale in riparazione (per camion)
- Rapporto tra ordini realizzati e ordini richiesti
- Tempo medio di pianificazione della consegna
- Pallet / m²
- Soddisfazione
- Attrito dei conducenti
- Morale, motivazione personale
- Prestazioni di consegna puntuali
- Numero di reclami dei clienti
- Soddisfazione generale del cliente
- % di ordini programmati su richiesta del cliente
- Soddisfazione generale dei dipendenti
- Soddisfazione generale della società
- IT e innovazione
- Costi del sistema informativo
- Prestazioni aggiornate

- disponibilità delle informazioni
- Utilizzo di apparecchiature IT
- Costi di formazione IT
- Numero di nuovi prodotti nella gamma
- % di scambio di informazioni tramite IT
- % di dipendenti con formazione IT
- Disponibilità di apparecchiature IT
- Uso di RFID / codici a barre
- % delle risorse di gestione delle informazioni utilizzate / produzione risorse
- % delle entrate e dei pagamenti della fattura generati tramite EDI
- Tempo medio di sviluppo di nuovi prodotti
- Costi medi per lo sviluppo di nuovi prodotti

Prospettiva interna - punto di vista dei dipendenti

- Km per viaggio
- Condizioni di lavoro
- Peso a carico per ora di lavoro
- Stipendi e benefici

Prospettiva esterna - Punto di vista del cliente

- Prezzo di trasporto
- Prezzo assicurativo
- Prezzo dei servizi primari
- Sicurezza delle merci
- Varietà del prodotto
- Tempo di risposta
- Orari di apertura
- Negli uffici del sito
- Trasparenza per un cliente
- Possibili tipi di comunicazione

- Tipi disponibili di assicurazione merci
- Flessibilità dimensioni ordine
- Tempestività della consegna della merce
- Durata ritiro fino a quando le informazioni di inventario non sono aggiornate
- Varietà di servizi
- Flessibilità di configurazione dell'ordine
- Possibilità di modificare i dettagli dell'ordine
- Prezzo dei servizi aggiuntivi (trasporto prioritario)
- Punti di contatto (numero di persone da contattare)
- Assistenza doganale

Prospettiva esterna - Punto di vista della società:

- Livello di emissione di CO2
- Soddisfazione della società
- Spreco di risorse
- Livello di riciclaggio
- Soddisfazione dei dipendenti
- Rischio di catastrofe
- Emissione di particelle solide
- Imposte sul tesoro nazionale
- Partecipazione ad azioni di beneficenza
- Reputazione di un'azienda
- Costi di manutenzione stradale
- Numero di posti di lavoro disponibili
- Livello di concorrenza tra società simili
- Cura di animali / bambini intorno
- Uso delle tecnologie di innovazione
- Sviluppo di tecnologie di innovazione
- Cooperazione con altre società [17].

3. VALUTAZIONE DELLE PERFORMANCE NEI MAGAZZINI

In questo capitolo si studierà il corrente stato dell'arte nella letteratura scientifica, circa la misurazione delle performance per i magazzini industriali.

In generale la misurazione delle performance è utile per stimolare la qualità dei processi, ridurre i costi operativi, aumentare il livello di servizio al cliente e giustificare i piani di sviluppo futuri.

Analizzando la letteratura scientifica è emerso che il ruolo del magazzino è andato delineandosi nel tempo, fino a ricoprire uno dei gradini principali di cui un ingegnere gestionale deve occuparsi.

I grafici 1 e 2 rappresentano le principali attività ricorrenti nello studio della valutazione delle performance dei magazzini industriali, attraverso l'individuazione di parole chiave. Essi sono realizzati costruendo ed evidenziando mappe bibliometriche da una rassegna della letteratura inerente l'argomento. Quindi, viene proposta un'analisi di questi dati basata sull'uso del software VOSviewer per costruire reti di relazioni di termini da diverse banche dati scientifiche: nel nostro caso è stato utilizzato Scopus.

I grafici delle parole chiave sono stati generati in base ai termini attribuiti alla letteratura registrata in questo database. In questo modo, le mappe consentono la visualizzazione di termini e concetti maggiormente presenti in letteratura e, di conseguenza, consentono di chiarire la relazione tra loro. Nonostante la grande rete di relazioni che le mappe mostrano, è possibile, anche interpretando solo i cluster creati, contemplare, ad esempio, le principali aree che interagiscono per formare l'idea di valutazione delle performance nella letteratura.

Nel proseguimento dello studio, questi termini ricorrenti, si sono rivelati quali elementi centrali e sostanziali dell'analisi. Come verrà illustrato in seguito, parole quali *“warehouse”*, *“key performance indicators”*, *“AHP”*, *“sustainable development”*, *“cost”* e *“storage”*, ricorrono con un'elevata frequenza; sostanzialmente saranno il cuore della discussione.

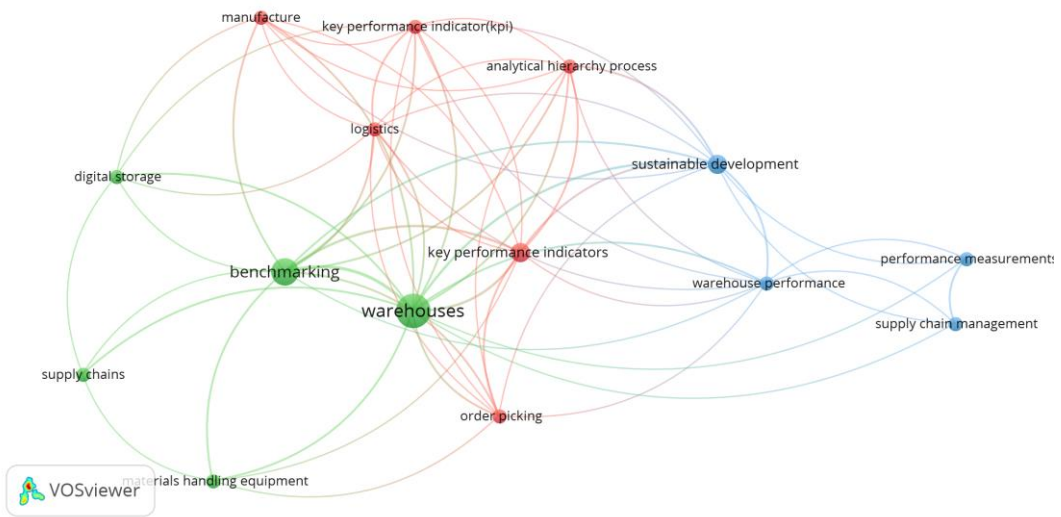


Grafico 1 – *Keyword* ricorrenti nei journal

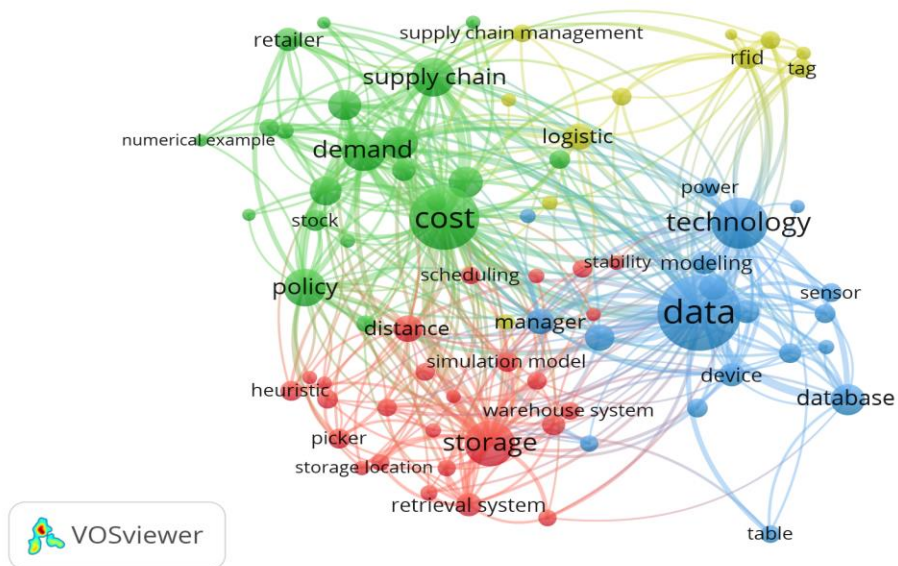


Grafico 2 – *Keyword* dei journal

3.1. ANALISI DELLA LETTERATURA

In “Warehouse performance measurement: a case-study” (2009), viene preso in considerazione un magazzino standard. In una produzione di tipo make-to-stock, gli ordini dei clienti generano un processo che inizia dall'attività di prelievo e continua fino a che il prodotto viene consegnato al cliente.

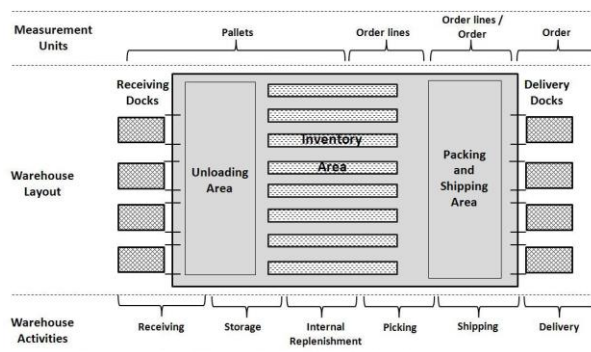


Figura 17 – Layout del magazzino [13]

Il layout del magazzino (visibile in figura) è composto dalle seguenti aree: banchine di ricezione per camion in entrata, area di scarico, area di inventario, area di imballaggio e spedizione e banchine per la spedizione.

Poiché la maggior parte dei magazzini impiega personale per la raccolta degli ordini, questo il magazzino segue un sistema manuale per lo stoccaggio e la raccolta dei prodotti. Nel sistema tradizionale, il commissionatore / conducente del carrello elevatore deve conservare i prodotti in una posizione adeguata (in caso di attività di stoccaggio).

In questo paper viene elencata una serie di indicatori chiave, utile per valutare le prestazioni dei magazzini manuali:

- Indicatori temporali

Δt (Rec) = Tempo tra l'arrivo della fornitura e l'istante in cui il prodotto viene scaricato

Δt (Stock) = Tempo tra l'istante in cui il prodotto viene scaricato fino al suo stoccaggio

Δt (DS) = Tempo tra l'arrivo della fornitura e lo stoccaggio del prodotto

Δt (Rep) = Tempo tra il trasferimento dei prodotti dall'area di deposito all'area di prelievo

Δt (pick) = Tempo tra gli istanti in cui l'operatore inizia a prelevare un ordine e il termine della raccolta

Δt (ship) = Tempo dal termine del commissionamento e al termine del caricamento del carrello

Δt (delivery) = Tempo tra il caricamento del carrello e l'accettazione del prodotto da parte del cliente

Δt (Ord) = Tempo tra l'ordine del cliente e l'accettazione del prodotto da parte del cliente

●Indicatori di produttività

WH = numero di ore di lavoro di gestione degli articoli

TheorH = tempo teorico che l'operatore dovrebbe impiegare per eseguire un compito

Item Proc = numero di articoli gestiti dal magazzino (in entrata e in uscita)

WH Rec = somma delle ore di lavoro dei dipendenti che lavorano nell'attività di ricezione

WH Sto = somma delle ore di lavoro dei dipendenti che lavorano nell'attività di stoccaggio

WH Pick = somma delle ore di lavoro dei dipendenti che lavorano nell'attività di picking

WH Rep = somma delle ore di lavoro dei dipendenti che lavorano nell'attività di rifornimento

WH Ship = somma delle ore di lavoro dei dipendenti che lavorano nell'attività di spedizione

CGoods = \sum [(numero di articoli venduti) x (costo)]

Ave Inv = \sum [(numero medio di articoli in inventario) x (costo)]

Inv CapUsed = spazio medio occupato dall'inventario

Inv Cap = capacità totale di magazzino

Ton Tr = totale di tonnellate trasportate

Ton Avail = \sum (capacità tonnellate di ciascun camion)

HEq Stop = numero totale di ore durante le quali vengono arrestate le apparecchiature

HEq Avail = numero totale di ore durante le quali le attrezzature sono disponibili a lavorare

War CapUsed = spazio medio occupato nel magazzino

War Cap = capacità totale di magazzino

War WH = numero totale di ore durante le quali lavora il magazzino

Pal Unlo = numero di pallet scaricati

Pal Sto = numero di pallet immagazzinati

Pal moved = numero di pallet movimentati durante l'operazione di rifornimento

Cust orders = numero di ordini cliente

OrdLi Pick = numero di righe ordine raccolte

OrdLi Ship = numero di righe ordine spedite

Ord Del = numero di ordini consegnati

●Indicatori di costo

INVc = costo finanziario per mantenere l'inventario del magazzino

LOSTc= penalità misurata dalla società quando il cliente effettua un ordine e il prodotto non è disponibile

TRc = costi di trasporto

Ord PROCc = somma dei costi di ufficio e dei dipendenti per elaborare gli ordini

Cust Ord = numero di ordini cliente

WARc = somma di tutti i costi di attività che il magazzino ha in carico

Sales = totale dei ricavi delle vendite

Salary= stipendi di tutti i dipendenti del magazzino

Addebiti = spese pagate per tutti i dipendenti

BuildC = costo per mantenere la costruzione del magazzino

EqMaintC = costi di manutenzione dell'attrezzatura

- Indicatori di qualità

Gli indicatori di qualità possono essere divisi in due gruppi: alcuni parametri sono correlati alla qualità interna delle operazioni, mentre altri si concentrano sul livello del servizio clienti.

La consegna puntuale e l'ordine perfetto sono indicatori correlati perché hanno gli stessi dati nelle loro equazioni, ovvero ordini consegnati in tempo.

Cor Unlo = numero di pallet di scarico avvenuti senza incidenti

Prob data = numero di pallet con imprecisioni tra l'inventario fisico e il sistema

Cor Sto = numero di pallet immagazzinati nella posizione corretta

Cor Pick = numero di righe ordine raccolte con i prodotti giusti e la giusta quantità

Cor Rep = numero di pallet spostati correttamente nell'area di deposito anteriore

Cor Ship = numero di righe ordine imballate con i giusti prodotti e la giusta quantità e spedite nel camion giusto

Cor Del = numero di ordini consegnati con i prodotti giusti e la giusta quantità al cliente giusto

Ord Del OT = numero di ordini ricevuti dal cliente entro la scadenza

OT ship = numero di ordini spediti entro o prima della scadenza

Compleat 1st ship = numero di ordini consegnati completi alla prima spedizione

Ord OT, ND, CD = numero di ordini ricevuti dal cliente in tempo (OT), senza danni (ND) e documentazione corretta (CD)

Item Out = somma degli articoli elaborati dal magazzino con gli articoli in corso nelle attività di prelievo e spedizione

Cust Reclami = numero di reclami dei clienti relativi agli aspetti logistici

Item noAvail = numero di prodotti che non sono disponibili a magazzino quando il cliente effettua un ordine [13].

3.2. IL PERFECT ORDER RATE

Come pubblicato sull'Archives of transport di Varsavia nel 2019, un indicatore chiave di prestazione molto utilizzato per studiare i magazzini industriali è il Perfect Order Rate (POR); esso misura quanti ordini si è in grado di compiere senza incidenti e rispettando le previsioni. Per incidenti sono intese merci danneggiate, ordini non accurati, spedizioni in ritardo o procedure di bypass per fare in modo che il cliente sia soddisfatto a tutti i costi. Per la maggior parte delle aziende è il primo obiettivo per riuscire a dare un'ottima immagine al cliente, visto che i tempi e i costi della logistica sono comparabili, la qualità dei servizi è diventata uno dei criteri più significativi per selezionare il fornitore.

Il POR è definito come il rapporto tra il numero di tutti gli ordini completati "perfettamente" in un determinato momento e il numero totale di ordini segnalato al sistema.

L'ordine è considerato perfetto quando:

- è ricevuto dal cliente interamente, in tempo e senza errori;
- i dati e la documentazione sono privi di errori;
- il cliente non ha motivo di dubitare della qualità del prodotto/servizio;
- non si sono verificati errori durante la realizzazione dell'ordine;
- il prezzo pagato dal cliente e i costi sostenuti erano fissi e non sono cambiati durante la realizzazione dell'ordine;
- non si sono verificate situazioni pericolose per il dipendente e per i prodotti;
- l'ordine è stato realizzato secondo la procedura standard nella catena logistica (senza azioni non pianificate).

Il POR nella rete logistica dipende dalla disponibilità di magazzino per i links successivi e dalla qualità del processo nei links successivi.

Le strutture di magazzino sono dei buffer posizionati in ingresso e in uscita in tutte le catene logistiche per supportare la stabilizzazione della produzione e mantenere la continuità dei processi.

I fattori relativi al magazzino che riducono il valore di POR sono: il materiale esaurito, errori o danni ai materiali, gestione insufficiente che influenza il ritardo delle spedizioni.

Il primo fattore non è direttamente correlato al magazzino. La mancanza di materiale per le spedizioni è spesso il risultato di un'errata previsione della domanda o fenomeni imprevedibili che influenzano offerta, domanda e flusso.

Ci possono essere però due ragioni legate al magazzino stesso: mancanza di capacità che ritarda il flusso di materiale o errori nei sistemi di controllo che producono dati non corretti per la pianificazione dell'inventario. Invece il terzo fattore, la gestione insufficiente che influenza il ritardo delle spedizioni, è la causa fondamentale dei ritardi e quindi anche la riduzione di POR. Questo indicatore di prestazione viene utilizzato spesso nella gestione dei magazzini per far sì che non ci siano inefficienze interne ed esterne [15].

3.3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Data Envelopment Analysis (DEA) è una tecnica di analisi dei dati basata sulla programmazione lineare che ha l'obiettivo di misurare le performance di unità organizzative. Lo scopo principale dell'analisi DEA è quello di individuare, in un determinato insieme, le aziende più efficienti delle altre rispetto agli *input* e agli *output* produttivi. Le aziende che, nell'insieme considerato, risulteranno più efficienti, determineranno una frontiera di produzione usabile per quel settore e sarà così possibile calcolare indici di efficienza relativa anche per le altre aziende.

Uno degli aspetti più importanti dell'utilizzo di questo tipo di analisi è quello di riuscire a costruire misure di efficienza basata sulla considerazione simultanea di più *input* e, soprattutto, di più *output* [26].

Tradizionalmente, le prestazioni del magazzino sono state misurate utilizzando una serie di singoli fattori di prestazione e metriche di produttività a fattore singolo. I

fattori di prestazione sono ad esempio, le linee spedite e il tasso di riempimento mentre le metriche di produttività rappresentano il rapporto tra una certa quantità di output del sistema e una certa quantità di risorse in ingresso.

Le metriche a fattore singolo sono fondamentali per un'analisi dettagliata delle operazioni logistiche.

Esistono tuttavia alcuni svantaggi nelle metriche a fattore singolo: è necessario disporre di una notevole quantità di informazioni aggiuntive, sono difficili da confrontare nel tempo al variare delle condizioni.

Le prestazioni del magazzino vengono raramente giudicate in base a una singola metrica. Quindi, sebbene le metriche a fattore singolo siano facili da calcolare e facili da capire, esse non sono facili da usare per valutare le prestazioni del sistema di magazzino.

Ciò di cui si ha bisogno è un modo per valutare le prestazioni del magazzino che superi le limitazioni delle metriche a fattore singolo, considerando tutti gli input e output simultaneamente. Un metodo che potrebbe essere appropriato è l'analisi dell'involucro dei dati o DEA.

Nel contesto della valutazione delle prestazioni del magazzino, DEA consentirebbe ad un particolare magazzino (chiamato candidate warehouse) di essere confrontato con un ampio insieme di magazzini. DEA costruirà un ipotetico composite warehouse prendendo dati di input e output per tutti gli altri magazzini e questo magazzino verrebbe confrontato con il magazzino candidato. Il composito sarebbe costruito in modo tale da produrre almeno lo stesso output del magazzino candidato, utilizzando il minor quantitativo possibile di risorse. Sarebbe il magazzino con la miglior performance.

Il "punteggio" DEA per il magazzino candidato verrà riportato come percentuale.

DEA ha il potenziale per rispondere alla domanda "quanto è performante il mio magazzino nel complesso?"

Una condizione importante è che tutti i magazzini confrontati siano abbastanza simili in modo da essere comparabili [20].

Come nel caso studio precedente, anche Torabizadeh M., Yusof N.M., Ma'aram A., Shaharoun A.M. (2020) valutano la possibilità di ricavare un pool di indicatori

tramite metodi di analisi comparativa, analitica e di simulazione, metodi matematici, analisi dell'involuppo dei dati (DEA). A tal fine, sono stati proposti indicatori di prestazione per i sistemi di gestione del magazzino a livello tattico e operativo oltre a KPI economici incentrati sull'esecuzione degli ordini, lo stoccaggio, la ricezione, la soddisfazione del cliente, l'efficacia della misurazione percepita, i costi e i guadagni. Per introdurre una serie completa di KPI ponderati è stato utilizzato il software Smart Partial Least Square, per valutare la sostenibilità delle aziende tenendo conto della TBL (triplice linea di fondo). Per testare l'affidabilità e la validità del modello, è stato condotto uno studio pilota nel settore automobilistico, sfruttando il test di Analisi dei Fattori Esplorativi (EFA). Questo studio propone sicuramente un metodo innovativo per ponderare gli indicatori qualitativi e quantitativi senza alcuna limitazione sul numero di criteri; usandolo, i decisori e i dirigenti saranno in grado di allocare le proprie risorse in modo efficiente [7].

3.4. ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

L'analytic hierarchy process (AHP) è una tecnica di supporto alle decisioni multicriterio che consente di confrontare più alternative in relazione ad una pluralità di criteri, di tipo quantitativo o qualitativo, e ricavare una valutazione globale per ciascuna di esse. Ciò permette di:

- ordinare le alternative secondo un asse di preferenza;
- selezionare l'alternativa globalmente migliore;
- assegnare le alternative a sottoinsiemi predefiniti.

I punti di forza principali sono il confronto a coppie delle alternative decisionali e la separazione fra importanza del criterio e impatto sulla decisione.

Nel caso studio del magazzino di una pelletteria di Yogyakarta, in Indonesia, gli indicatori di performance vengono selezionati secondo principi e criteri di

sostenibilità. La ricerca è iniziata identificando i KPI necessari e il risultato è stato valutato da esperti provenienti da diverse posizioni gestionali: responsabile approvvigionamento, supervisore logistico, personale di magazzino e personale amministrativo di magazzino.

È emerso che ogni KPI offre un contributo diverso alle prestazioni del magazzino, quindi, per valutarne l'importanza, viene utilizzato Analytical Hierarchy Process (AHP); i risultati hanno mostrato che i KPI temporali hanno la massima priorità in campo economico, mentre la salute e la sicurezza sul lavoro sono i KPI più importanti della sfera sociale; infine l'indicatore del sistema di accumulo dell'energia è al livello più alto in termini di sostenibilità ambientale. Nel diagramma qui sotto sono riportati i risultati dell'analisi tramite AHP [14].

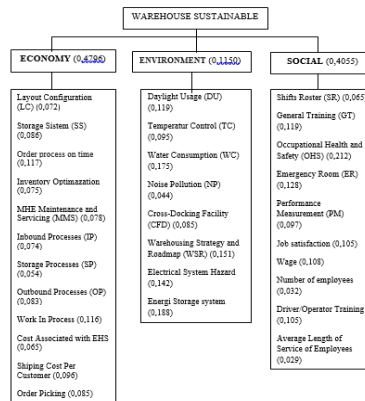


Figura 18 – Risultati analisi AHP [14]

Dallo studio pubblicato su *MATEC Web of Conferences nel 2018*, effettuato su cinque diversi magazzini di materiale da costruzione, risulta che i KPI più importanti sono stati determinati per ogni attività, utilizzando il processo di gerarchia analitica (AHP). Grazie a questo procedimento è possibile avere un quadro chiaro della situazione per poter proporre passi di miglioramento basati sul benchmarking tra i magazzini. In particolare, è emerso che l'indicatore chiave più importante per la ricezione è la produttività (ricezione per ora-uomo), quello per la conservazione è il tempo ciclo (durata del ciclo di stoccaggio), il KPI per l'archiviazione è l'utilizzo (%posizione e cubo occupato), per il ritmo degli ordini è il tempo ciclo (t.c. di prelievo degli ordini) e infine quello per la spedizione è la produttività (ordine preparato per la spedizione all'ora-uomo) [8].

Mentre nell'articolo pubblicato su *IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN*, le due tecniche utilizzate nei casi precedenti vengono unite. È stato utilizzato un modello in cui l'operatore combina le tecniche AHP e DEA per fornire un criterio sistematico e flessibile per la selezione. Lo scopo è quello di automatizzare il magazzino in modo da compiere minore sforzo e fornire risultati più efficienti e affidabili rispetto al sistema a gestione manuale. Esso consta di un'analisi preliminare che prevede la definizione degli obiettivi per il problema di progettazione della rete, di ricerca della posizione migliore, di operatori di magazzino alternativi, di raccolta e di analisi delle informazioni. Il punto focale di questo lavoro è stato quello di superare i confini della DEA attraverso un'indagine ibrida insieme all'apprendimento automatico, creando la guida per raggruppare le simulazioni realistiche del prodotto (DMU) a vari livelli. Per valutare la competenza delle DMU vengono utilizzate procedure di decomposizione del valore singolare in ambito DEA e in caso di incertezza nei valori dei dati si ricorre alla Fuzzy Data Envelopment analysis (DFE). La DEA è stata combinata con la programmazione degli obiettivi per stabilire parametri di riferimento e classificarli in base al miglioramento apportato. Questo metodo è risultato efficace sia per DMU efficienti che inefficienti; ciò ha aiutato i manager a spostare l'attenzione dalla supervisione alla pianificazione futura e ha contribuito a riconoscere le future inefficienze, riuscendo a prendere decisioni preventive. Sulla base del modello DEA vengono tratte le informazioni sulle prestazioni dei magazzini coinvolti in una catena di approvvigionamento di cereali in India [9].

3.5. BALANCED SCORECARD

Trovandoci ormai nell'era del green, del tentativo di minimizzare le emissioni nocive e qualsiasi rifiuto tossico, è nata la SSCM (Sustainable Supply Chain Management); essa è fondata su tre aspetti di sostenibilità: include la sfera economica, sociale e ambientale. Ci sono tre tipi di configurazioni SSCM: efficiente, innovativa e rispettabile.

SSCM è gestita in modo efficiente, essendo basata su strategie di prevenzione dell'inquinamento e riduzione di rifiuti ed emissioni. SSCM innovativo è realizzato applicando la tecnologia green nelle operazioni della supply chain. La misurazione delle prestazioni di SSCM si compone di diversi aspetti importanti: tutti gli stakeholders devono avere interesse nel green design, è necessario impegnarsi per raggiungere la sostenibilità aziendale e attuare una pianificazione strategica nella gestione dell'ecosistema.

Il sistema di magazzino è una parte importante di SSCM che serve a bilanciare il flusso di merci tra fornitori e consumatori. Tuttavia, il processo operativo dello stesso è ancora gestito tradizionalmente, il che aumenta il rischio di alti costi operativi e di perdita di beni e investimenti, infatti il costo medio sostenuto per lo stoccaggio è relativamente alto: rappresenta il 17% delle attività logistiche totali.

Il magazzino sostenibile include il processo di ricezione, memorizzazione, recupero e spedizione di materie prime, semilavorati o prodotti finali; le aziende non considerano solo fattori finanziari come i costi di ordinazione e di mantenimento, ma anche mantenere l'equilibrio dell'impatto operativo del magazzino sul contesto sociale e ambientale circostante. Per questo scopo è stata utilizzata la Balanced Scorecard (BSC), un metodo di valutazione che equilibra quattro prospettive di misurazione: prospettiva finanziaria, del cliente, del processo aziendale interno e di apprendimento e crescita [19].

Kaplan e Norton (1992) hanno sviluppato nove passaggi per creare e implementare la BSC in un'organizzazione, ovvero:

- Effettuare una stima complessiva dell'azienda
- Identificare i temi strategici
- Definire prospettive e obiettivi
- Sviluppare una mappa strategica
- Creare una matrice delle prestazioni
- Dare priorità alle strategie di iniziativa
- Stilare una strategia comunicativa
- Implementare la Balanced Scorecard
- Raccogliere i dati, valutare e apportare miglioramenti

[27].

L'industria tessile studiata nella ricerca pubblicata sul Conference Paper di Sri Indrawati, Suci Miranda, Affrizal Bryan Pratama (2018), ha come obiettivo quello di diventare un'azienda importante a livello globale nel suo settore, migliorando costantemente la qualità, gli aspetti di sicurezza e legalità, con particolare attenzione alla relazione interna ed esterna a lungo termine. La mission dell'azienda è infatti quella di aumentare la produttività, le competenze, la manutenzione e riparazione delle macchine al fine di eliminare processi che non apportano valore. In una prospettiva finanziaria, le cose da considerare sono i fattori che influenzano il costo ogni volta che il processo viene eseguito: costo di magazzino, costo del lavoro, articolo di qualità perfetta, consegna in tempo.

La Balanced Scorecard in questa prospettiva consente ai manager di misurare il business in esecuzione e la conformità dei prodotti e / o servizi: permette di aumentare la precisione dell'inventario e la gestione dei rifiuti.

I seguenti KPI identificano i parametri che l'azienda del caso deve valutare per promuovere la crescita e le prestazioni nel lungo periodo:

- Implementazione 5S (*sort, store, shine, standardize, sustain*): è utilizzata per migliorare la qualità ambientale in magazzino. Lo scopo di questo calcolo è conoscere il numero di attività 5S che sono state implementate nel magazzino;
- Lavoratore assente: la percentuale di presenza dei lavoratori viene utilizzata per misurare l'assenteismo di lavoratori o dipendenti a causa di malattia, congedo e permessi nel periodo in esame;
- Miglioramento delle competenze dei lavoratori: la formazione è necessaria per i magazzinieri, al fine di migliorare qualità e competenza;
- Consapevolezza ambientale: è necessaria per sensibilizzare gli addetti al magazzino in merito all'importanza di curare l'ambiente.

Per migliorare le prestazioni del magazzino in questione è necessario aumentare la produttività degli addetti al magazzino in modo da ridurre il costo del lavoro per unità e apportare miglioramenti all'implementazione dell'indicatore 5S [19].

Questo documento discute delle prestazioni del modello di misurazione creato per

In un'azienda spagnola è stato proposto un progetto chiamato IPROS il cui scopo è lo sviluppo di uno scenario, in cui una catena di produzione utilizzerà la tecnologia dell'informazione per la gestione della catena di fornitura, utilizzando i kpi del magazzino di riferimento.

Le dimensioni competitive scelte per valutare le prestazioni del magazzino sono:

- Qualità (ricerca di risposte a problemi come la mancanza di controlli, norme e conformità alle specifiche tecniche, che possono produrre effetti come rilavorazioni e scarti);
 - Tempi di consegna (i modi in cui le aziende gestiscono i tempi di vendita e distribuzione, rappresentano fonti di vantaggio competitivo);
 - Efficienza operativa (è importante identificare i processi interni, in cui la società deve raggiungere l'eccellenza per ottenere migliore impatto sulla soddisfazione del cliente e sul raggiungimento degli obiettivi sui bilanci aziendali);
 - Soddisfazione del cliente (aziende che non comprendono le esigenze dei clienti, finiscono per rendersi conto che i loro concorrenti conquistano quote di mercato, offrendo prodotti e servizi in linea con le preferenze dei clienti)
- [16].

3.6. ARENA

Nello studio “Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage” di Felix T.S Chan e H.K Chan è stato preso come esempio un magazzino rack multilivello per migliorare le prestazioni di prelievo eseguendo ventisette esperimenti su diverse combinazioni di criteri di assegnazione dello spazio di archiviazione, criteri di instradamento e densità di prelievo. La performance del picking viene misurata in termini di tempo di recupero dell'ordine e distanza

percorsa. Mediante la simulazione con ARENA (un software che permette di creare modelli ed eseguirne la simulazione), i risultati mostrano che una combinazione diversa di fattori ha prestazioni diverse sotto diversi indicatori di prestazione. Ecco alcuni dei risultati importanti:

(1) *Uso della politica di assegnazione dello spazio di archiviazione*

L'utilizzo dei criteri di assegnazione dello spazio di archiviazione dipende in gran parte dal tipo di sistema di archiviazione. Per il magazzino rack multilivello, l'uso della politica di assegnazione dello spazio di archiviazione basata sulla classe ABC verticale può migliorare le prestazioni del prelievo in termini di tempo totale di recupero dell'ordine. D'altra parte, l'uso della classe ABC orizzontale nel magazzino rack a livello singolo può comportare una distanza di viaggio più breve.

(2) *Uso della combinazione di fattori e selezione dell'indicatore di performance*

Sotto diversi indicatori di prestazione come il tempo di recupero dell'ordine e la distanza del viaggio, le prestazioni di ciascuna combinazione di fattori possono essere diverse. Quello offre prestazioni migliori in termini di tempo di recupero dell'ordine può comportare una distanza di viaggio più lunga. Ad esempio, i risultati di questo studio mostrano che l'archiviazione orizzontale basata su classi ABC ha prestazioni opposte sotto diversi indicatori di prestazioni.

(3) *Uso della politica di instradamento*

Il routing combinato ha sempre prestazioni superiori negli indicatori di prestazione. Ciò è dovuto al suo uso flessibile dei percorsi trasversal e return.

(4) *Le prestazioni sulla distanza percorsa cambiano con un'elevata densità di prelievo*

Per quanto riguarda la distanza di viaggio totale, le prestazioni dei criteri di assegnazione dello spazio di archiviazione cambiano all'aumentare della densità di prelievo. Nel magazzino rack multilivello, se la varietà di articoli di prelievo aumenta, il vantaggio di utilizzare lo stoccaggio orizzontale basato sulla classe ABC con una bassa densità di prelievo perderà; la frequenza di prelievo ad alto livello aumenta e si traduce in una maggiore distanza di viaggio.

(5) *Uso della memoria casuale*

L'uso dello stoccaggio casuale non è la scelta peggiore nel magazzino rack multilivello.

Tuttavia, bisognerebbe prendere in considerazione le caratteristiche del magazzino. Per il magazzino in questione, lo spazio di archiviazione è grande e la dimensione dell'ordine di rifornimento automatico è piccola, con un'ampia varietà di articoli. I risultati della simulazione hanno dimostrato che l'uso dell'archiviazione casuale è solo leggermente peggiore di quello della politica di assegnazione dell'archiviazione verticale basata su classi ABC. Tuttavia, è notevolmente superiore alla politica di assegnazione dell'archiviazione basata sulla classe ABC orizzontale.

È possibile condurre ulteriori ricerche sulla progettazione del layout del magazzino e sui problemi di congestione se più commissionatori prelevassero gli articoli nella stessa ondata di prelievo. Ciò renderebbe la ricerca sul miglioramento delle prestazioni del picking più completa e più adatta alla diversità delle operazioni di magazzino. Inoltre, ulteriori ricerche possono essere estese a tutto il processo sequenziale di recupero dell'ordine. Ad esempio, operazioni di ricezione ordini, rifornimento scorte e distribuzione [23].

3.7. LOGISTIQUAL

Tale modello è stato sviluppato a partire dalla fine degli anni 90 presso il Politecnico di Torino dai professori S. Grimaldi e C. Rafele [24]; esso ha lo scopo di colmare l'attuale carenza di framework strutturati per la valutazione delle performance logistiche. Il metodo è fondato sulla metodologia standardizzata ServQual, anche conosciuta come modello di Parasuraman (PZB1985), creata per misurare la qualità di servizio percepita e attesa del cliente. Tale modello si basa sulla valutazione di cinque distinte aree chiamate dimensioni. Esse sono [14]:

- Elementi Tangibili: aspetto delle strutture fisiche, delle attrezzature e del personale.
- Affidabilità: capacità di erogare il servizio promesso in modo affidabile e preciso.
- Capacità di Risposta: volontà di aiutare i clienti e di fornire il servizio con prontezza.
- Capacità di Rassicurazione: competenza e cortesia degli impiegati e relativa capacità di ispirare fiducia e sicurezza.
- Empatia: assistenza premurosa e personalizzata che viene riservata a clienti e utenti.

Il modello LogistiQual valuta le performance di un servizio di logistica valutando tre differenti macro-classi ognuna delle quali include a sua volta delle sottoclassi:

- Tangible Components riguarda i mezzi e le risorse utilizzate per l'erogazione delle risorse;
- Way of Fulfilment riguarda i modi con cui si esplica il servizio;
- Informative Actions riguarda la comunicazione con il cliente.

È interessante osservare come la categoria "*tangible components*" corrisponda alla dimensione elementi tangibili del modello PZB, mentre "*way of fulfilment*" corrisponde alle dimensioni di affidabilità e capacità di risposta e per concludere "*informative actions*" alle dimensioni di capacità di rassicurazione ed empatia.

Analizziamo nel dettaglio le varie macro-classi.

Tangible Components include i seguenti aspetti:

- Asset: mezzi fisici e mezzi operativi suddivisibili in interni (mezzi di movimentazione e magazzino) ed esterni (mezzi di trasporto).
- Personale: chi realizza il prodotto e contribuisce alle attività di controllo.
- Giacenze a Magazzino: materie prime e semilavorati.
- Disponibilità: indica l'esistenza di prodotti lungo il processo produttivo.

Way of Fulfilment include:

- Flessibilità: capacità dell'impresa di soddisfare variazioni della domanda.
- Assistenza: parametri per espletare il servizio di assistenza.
- Lead time: tempi ciclo delle attività costituenti l'ordine.

Informative Actions include:

- Marketing: informazioni sul prodotto e sulle condizioni di vendita.
- Gestione degli Ordini: flusso informativo relativo al processo di gestione degli ordini.
- After-sales: relazioni con il cliente al fine di risolvere problemi e soddisfare i loro bisogni.
- E-informatiom: nuove metodologie di controllare e gestire gli ordini mediante e-network (sistemi informativi).

Una volta definita la struttura del modello occorre definire un set di indicatori per ogni sottoclasse e procedere con la fase di misurazione. Un aspetto peculiare del modello LogistiQual è che a seconda dell'ottica in cui si analizza la catena di distribuzione si possono avere due framework diversi. Se l'impresa dovesse applicarlo nella prospettiva in cui essa stessa è il cliente, analizzando la catena di distribuzione a monte, dovrebbe essere possibile valutare come le tre macro-classi (mezzi tangibili, modalità esecutive, procedure informative) dei suoi fornitori influenzano il servizio erogato all'impresa (Source-LogistiQual). Se lo si applicasse analizzando la catena di distribuzione a valle, invece, sarebbe possibile dedurre le performance dell'impresa sul servizio erogato ai suoi clienti (Self-LogistiQual).

Una lacuna che emerge da questo modello è che non considera l'aspetto economico necessario nel caso si voglia eseguire un'analisi completa [25].

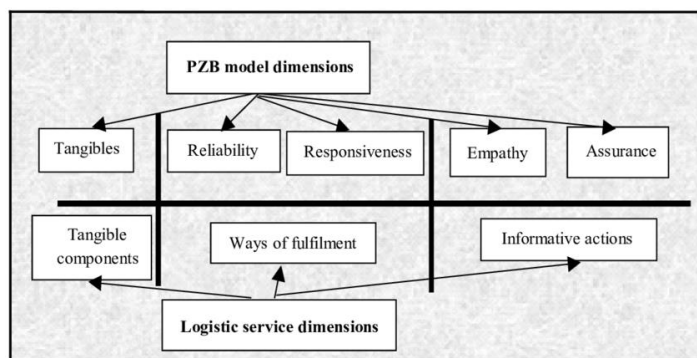


Figura 19 – Confronto tra il modello PZB e LOGISTIQUAL [h]

Nel modello LogistiQual è integrato uno strumento in grado di comprendere le influenze reciproche tra gli indicatori misurati: il System Dynamics (SD).

È una metodologia per analizzare sistemi complessi e si concentra principalmente sul modo in cui un parametro di prestazione può influenzare gli altri, attraverso un flusso informativo e fisico.

In particolare, l'ipotesi di applicare l'SD allo studio delle prestazioni del magazzino industriale deriva dal fatto che la supply chain ha a disposizione varie scorte e sistemi di acquisto, stoccaggio e conversione di input in output; inoltre può essere soggetta a notevoli ritardi temporali per la ricezione del materiale o a causa delle informazioni provenienti da un centro di lavorazione a valle. Questi ritardi generano delle oscillazioni la cui ampiezza aumenta man mano che si propagano dal cliente al fornitore, originando un'amplificazione dell'effetto lungo la catena, chiamata "effetto bullwhip di Forrester".

È possibile simulare un modello di System Dynamics tramite software semplici che non richiedono la conoscenza di particolari linguaggi di programmazione.

Inoltre, queste applicazioni utilizzano strumenti grafici per incoraggiare l'interazione tra il modellatore e i fruitori del modello, favorendo una facile comprensione dei risultati.

Il primo passo è la costruzione di Casual Loop Diagrams (CLD) che mostrano tutti gli elementi all'interno di singole società che influenzano le misure di prestazione; un CLD è una rappresentazione concettuale ed è utile per sviluppare Stock, diagrammi di flusso ed equazioni che definiscono il modello.

Gli indicatori di prestazione possono essere modellati come variabili ausiliarie e poi possono essere collegati ad azioni, flussi o altre variabili.

È stato utilizzato un case study nel campo dell'automotive per mostrare il collegamento tra indicatori omogenei mediante System Dynamics.

La società riceve componenti dai fornitori e poi li assembla per produrre interruttori, sensori e centraline elettroniche.

L'ammontare delle scorte è molto importante perché uno degli obiettivi principali di questa azienda è avere scorte basse; così come l'efficienza di evasione degli ordini è fondamentale per avere una stima dell'attrezzatura da ordinare al fornitore. Infine, è necessario monitorare la percentuale di scarto del prodotto finito e dei componenti vari dal momento che la supply chain automobilistica mira a lavorare a zero difetti.

Nel dettaglio, questi indicatori possono essere definiti come segue.

- Input Stock Turnover (IST): calcolato come quantità di componenti utilizzati nel periodo rispetto al livello medio dell'inventario nello stesso periodo;
- Output Stock Turnover (OST), valutato come: $(\text{Finished Product Shipment Rate} * \text{Time Bucket}) / \text{Finished Product Inventory}$;
- Order Fulfilment Efficiency (OFE): è una misura di come un'azienda è in grado di soddisfare i clienti acquisiti. È definita come il rapporto tra il numero di ordini evasi in un periodo e il numero totale di ordini potenzialmente evasi durante esso. Per l'azienda studiata questa metrica viene valutata confrontando il numero di articoli soddisfatti con il numero di quelli realizzabili;
- $\text{OFE} = (\text{Finished Product Shipment Rate} * \text{Time Bucket}) / \text{Finished Products on Order}$;
- Scrap Component Percentage (SCP): è definita come quantità di componenti scartata in un periodo, prima o durante il processo di produzione, rispetto al numero di componenti consegnate dal fornitore in quel periodo; misura la difettosità della filiera;
- Scrap Finished Product Percentage (SFPP): è definita come la quantità di prodotti finiti scartati dai clienti in un periodo rispetto al numero totale di

prodotti finiti dell'azienda. Analogamente a SCP, questo parametro valuta il livello di difettosità della produzione aziendale [25].

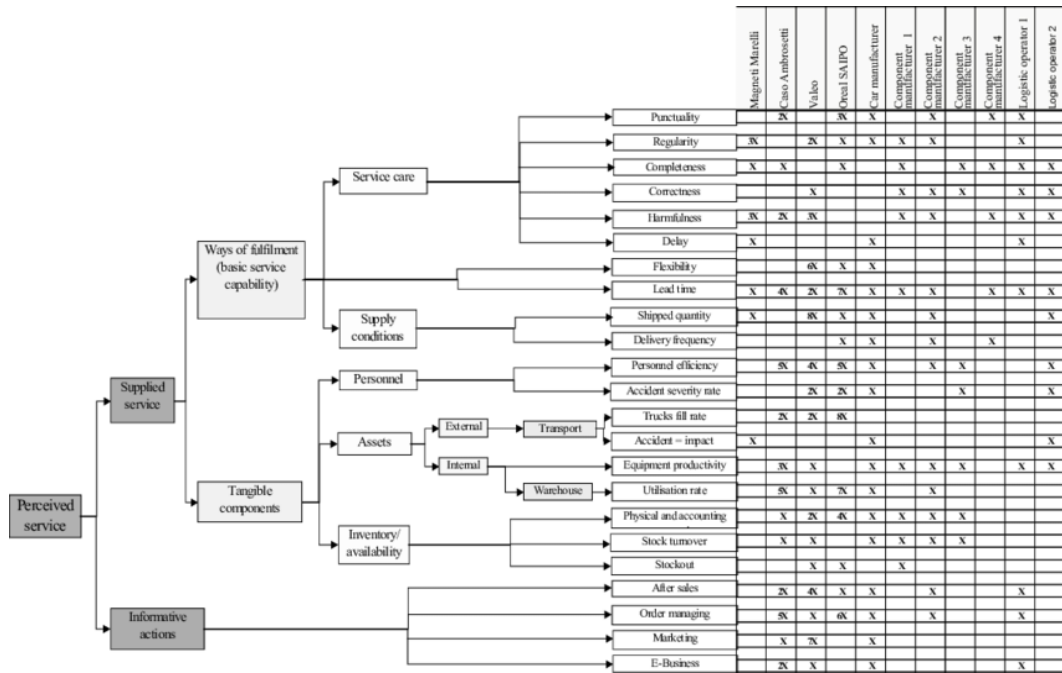


Figura 20 – Esempio modello LOGISTIQUAL [i]

Mohd Faez Shukri (2017) ha verificato che molti dei sistemi di magazzino implementati o adottati hanno alcuni problemi nell'ambito della gestione delle scorte e una bassa efficienza per gestire vari fattori in tutto il magazzino. Gli elementi problematici dei sistemi di magazzino includono ritardo di consegna, problema di spazio sul pavimento e sicurezza per memorizzare l'inventario e per il supporto del proprio sistema di gestione.

L'evoluzione dell'utilizzo degli Automated Storage Retrieval System è stata un notevole aiuto per superare i problemi di cui sopra e migliorare la qualità del servizio fornito. Per studiare l'efficacia di questo nuovo sistema, sono state valutate le performance di due magazzini di logistica per la fornitura di zucchero a livello nazionale in Malesia con l'utilizzo dello strumento SERVQUAL; in particolare sono stati riscontrati miglioramenti sia nella velocità di erogazione del servizio, combinando i prelievi e diminuendo il numero di spostamenti a vuoto, sia nell'ottimizzare lo spazio occupato nel magazzino, a livello di saturazione superficiale e volumetrica. Da ciò è derivata la soddisfazione del lavoratore stesso

e del cliente, nonché un risparmio in termini economici dell'azienda grazie alla rimozione di operazioni che non fornivano valore aggiunto [21].

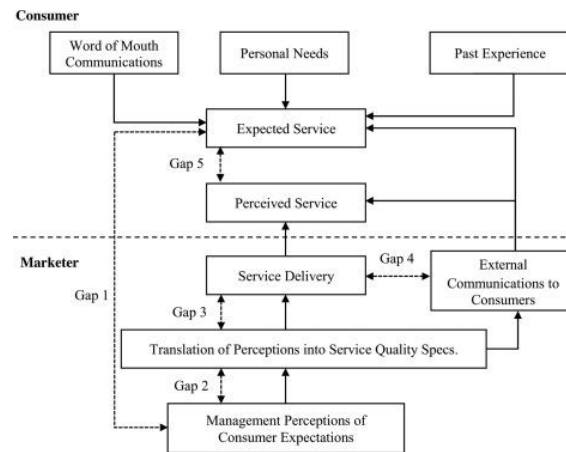


Figura 21 – Esempio modello SERVQUAL [j]

3.8. VALUE STREAM MAPS

Un altro metodo utilizzato per tenere sotto controllo le prestazioni dei magazzini è quello di utilizzare le Value Stream Mapping, un metodo di visualizzazione grafica che fonda le proprie radici nella filosofia produttiva di Toyota. Esse sono nate proprio per abbattere gli sprechi nei processi produttivi, permettendo di prevenire ogni tipo di spreco, con la conseguenza di non togliere valore al prodotto finito, aumentando in modo esponenziale l'efficienza.

Vediamo nel dettaglio ciò che è emerso dallo studio condotto presso la più grande azienda di vendita al dettaglio in India, che ha sviluppato competenze nella gestione della catena logistica di categorie di prodotti di consumo come moda, cibo e merce generale.

La compagnia in questione serve oltre 2600 punti vendita sparsi in tutta l'India. Ciò richiede 30 filiere distinte da gestire contemporaneamente, ciascuna con i propri requisiti che richiedono soluzioni personalizzate.

Lo studio è stato effettuato su tre magazzini, di cui uno con sistema automatizzato e due manuali. Nell'ipotesi di aumentare il numero di negozi, questa catena

diventerebbe inefficiente. Per migliorarne l'efficienza è stato condotto uno studio analizzando l'impatto dell'implementazione di WMS su questi magazzini.

Al fine di analizzare e comprendere le prestazioni attuali dei magazzini sono state utilizzate le Value Stream Mapping che sono un semplice processo di osservazione del flusso di informazioni e del materiale, che viene poi riassunto visivamente.

Un flusso di valore coinvolge tutti i passaggi, sia a valore aggiunto che non, richiesto per portare un prodotto o servizio attraverso le fasi del processo. È uno strumento visivo utilizzato per aiutare a vedere i rifiuti nascosti e le fonti di rifiuti. Consiste nel disegnare una mappa dello stato corrente, poi una Future System Map (indica come dovrebbe essere in futuro) viene sviluppata per progettare un flusso di processo snello attraverso l'eliminazione delle cause dei rifiuti.

In questi magazzini, le merci venivano ricevute alla rinfusa e messe via in rack. Al ricevimento dell'ordine, gli articoli sono stati raccolti, imballati e spediti.

È stata quindi disegnata la mappa del flusso di valori futuri incorporando al WMS, il sistema Pick-to-light e stacking in stack; in questo modo il tempo di ciclo del processo si è ridotto del 60% e la forza lavoro richiesta del 40% [22].

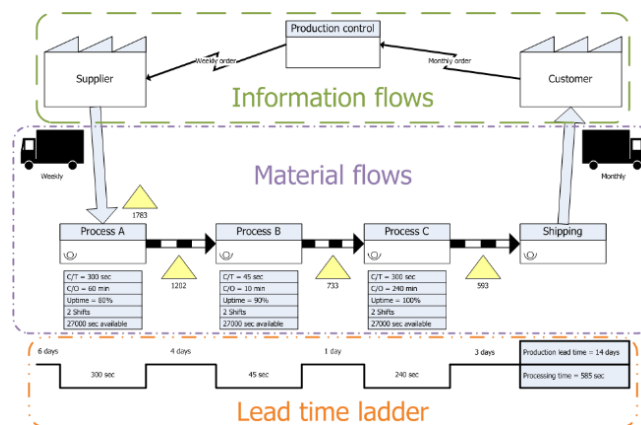


Figura 22 – Esempio Value Stream Map [k]

L'ultimo caso studio analizzato ha lo scopo di definire un modello di dati per il monitoraggio di diversi KPI come prestazioni, sicurezza e sostenibilità che sono considerati fattori importanti per il monitoraggio dei componenti automatizzati di un magazzino e delle loro interazioni. Il modello è strutturato nel seguente modo: Il pianificatore riceve un problema tra lo stato iniziale e lo stato finale del magazzino e genera un piano per raggiungere l'obiettivo desiderato. Il piano include un elenco di diverse azioni che vengono poi distribuite ai robot. Durante l'esecuzione del piano, alcuni valori numerici vengono calcolati dalle modifiche di dati che incidono su predicati, azioni, funzioni e stati. I robot aggiornano questi dati dopo aver eseguito le azioni. Questo caso di studio ha lo scopo di definire un modello di dati per il monitoraggio di diversi KPI tramite la sequenza di modifiche ai dati che il pianificatore costruisce. Le prestazioni sono correlate a metriche quali tempo, numero di obiettivi raggiunti da un determinato robot o tempo complessivo e numero di obiettivi completati nell'intero magazzino. La metrica del tempo può essere realizzata attraverso un elenco di azioni e del tempo necessario per completare ciascuna azione. L'ora di inizio, di fine e il tempo di inattività sono quindi valori importanti da raccogliere. La sicurezza è correlata al livello di fiducia nel magazzino. La collisione è un esempio di valore fondamentale per monitorare l'indicatore KPI di sicurezza e può essere calcolata attraverso i dati di posizione e di passaggio. La posizione di un robot e quali percorsi utilizzerà saranno informazioni note. È necessario aggregare queste informazioni per tutti i robot e illustrare i loro comportamenti attraverso questi dati. In questo modo è possibile monitorare lo stato di sicurezza di ciascun robot e determinare il livello di sicurezza in base al rischio di collisione. La sostenibilità riguarda soprattutto i livelli di energia del magazzino. È necessario raccogliere il consumo di energia per ogni stazione e controllare il livello di batteria in quanto i robot con livello critico devono essere inviati alla stazione di ricarica e quelli completamente carichi devono essere contrassegnati come pronti per essere assegnati a nuove attività. Lo scopo di questo studio è affrontare problemi relativi alla complessità e all'interoperabilità dei sistemi cyber-fisici da una prospettiva minimalista e di implementare un modello di dati con questa prospettiva per monitorare diversi KPI mediante l'approccio di dati collegati [10].

CONCLUSIONI

Da questo lavoro è emerso che la valutazione delle performance dei magazzini industriali, nella letteratura scientifica, non risulta ancora un argomento particolarmente dibattuto. Solo negli ultimi anni, in particolare con l'innovazione apportata dall'industry 4.0, i ricercatori hanno iniziato ad implementare metodi e modelli per colmare questa carenza.

Allo stato attuale i metodi più utilizzati sono DEA, AHP e LOGISTIQUAL, seguiti da SERVQUAL, ARENA e le Value Stream Maps.

Il modello più accurato risulta essere il LOGISTIQUAL, dato che si basa su un'evoluzione di SERVQUAL; esso valuta le performance di un servizio di logistica confrontando tre differenti macro-classi: tangible components, way of fulfilment, informative actions, a differenza di DEA, la quale analizza i dati basandosi sulla programmazione lineare e individuando, in un determinato insieme, le aziende più efficienti rispetto agli *input* e agli *output* produttivi. Invece, AHP è una tecnica di supporto alle decisioni multicriterio che consente di confrontare più alternative in relazione ad una pluralità di criteri di tipo quantitativo o qualitativo. Permette di ordinare le alternative secondo un asse di preferenza, selezionare l'alternativa globalmente migliore e assegnare le alternative a sottoinsiemi predefiniti.

Questi modelli gestionali sono applicabili all'intero settore della logistica, non solo al magazzino; di conseguenza completano il controllo dell'iter input/output che è fondamentale per l'impresa poichè permette un'omogenea programmazione dell'intero ciclo produttivo.

Il monitoraggio delle prestazioni è indispensabile per qualsiasi componente del ciclo logistico e non; infatti è necessario sia per ottimizzare il processo, che per ovviare agli eventuali difetti funzionali di una delle sue parti, i quali potrebbero arrecare danni ai restanti.

BIBLIOGRAFIA

1. Mecalux.it
2. Materiale didattico fornito dal Prof. Ing. Maurizio Bevilacqua
3. Franceschini F., Maisano D. A. (January 2011). Indicatori e misure di prestazione per la gestione dei processi, Modelli e tecniche di sviluppo.
4. Marini G., 1994, Op. cit., Milano, FrancoAngeli
5. Payaro A., 2008, Organizzare il magazzino. Oltre 100 suggerimenti pratici, casi ed esempi per lavorare con efficienza, Bologna, Progetto Leonardo.
6. Rushton A., Oxley J., 1993, Manuale di logistica distributiva, (ed. it. a cura di F. Boscato), Milano, FrancoAngeli.
7. Torabizadeh, M., Yusof, N.M., Ma'aram, A., Shaharoun, A.M., 2020. Identifying sustainable warehouse management system indicators and proposing new weighting method. Journal of Cleaner Production.
8. Kusrini E., Novendri F., Helia V.N., 2018. Determining key performance indicators for warehouse performance measurement - A case study in construction materials warehouse. MATEC Web of Conferences.
9. Karande A., Krishna A., Jayasurya R., (...), Panicker V.V., Varaprasad, G., 2019. Performance analysis of storage warehouses in a food grain supply chain using data envelopment analysis. IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN.
10. Gürdür D., Vulgarakis Feljan A., El-Khoury J., (...), Pradeep Mujumdar, A., Fersman, E., 2018. Knowledge Representation of Cyber-physical Systems for Monitoring Purpose. Procedia CIRP.
11. Rafele C., Cagliano A.C. Performance measurement in supply chain supported by system dynamics. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 2006.
12. Iliés Liviu, Emil Crisan, Turdean Ana-Maria, 2009. Warehouse performance measurement: a case-study.

13. Francielly Staudt, Maria Di Mascolo, Gülgün Alpan, Carlos M. Taboada Rodriguez, 2015. Warehouse performance measurement: classification and mathematical expressions of indicators. 5th International Conference, information systems, logistics and supply chain.
14. E. Kusriani, A. Ahmad, W. Murniati, 2019. Design Key Performance Indicator for Sustainable Warehouse: A Case study in a leather manufacturer. Annual Conference on Industrial and System Engineering (ACISE).
15. Ilona JACYNA-GOŁDA¹, Michał KŁODAWSKI², Konrad LEWCZUK³, Marcin ŁAJSZCZAK⁴, Tomasz CHOJNACKI⁵, Teresa SIEDLECKA-WÓJCIKOWSKA⁶, 2019. Element of perfect order rate research in logistics chains. Archives of transport.
16. Emerson Bond, Luiz CR Carpinetti, Walter Aoiama Nagai, Solange Oliveira Rezende, Robson BT de Oliveira, 2001. Medição de desempenho apoiada por data warehouse. XXI ENEGEP.
17. Elfriede Krauth, Hans Moonen, Viara Popova, Martijn Schut. Performance indicators in logistics service provision and warehouse management – A literature review and framework.
18. Premporn Khemavuk, Maruf Hasan. A qualitative study for measuring warehouse performance.
19. Sri Indrawati, Suci Miranda, Affrizal Bryan Pratama, 2018. Model of Warehouse Performance Measurement Based on Sustainable Warehouse Design. Conference Paper.
20. Leon F. McGinnis, Wen-Chih Chen, Paul Griffin, Gunter Sharp, T. Govindaraj, Doug Bodner, 2002. Benchmarking warehouse performance. School of Industrial & Engineering Georgia Institute of Technology, Atlanta.
21. Mohd Faez Shukri Bin Sallahudin, 2017. A level of service method for evaluating ASRS based on users' experience. Universiti Teknologi Malaysia.

22. A. Ramaa, K.N. Subramanya, T.M. Rangaswamy, 2012. Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. International Journal of Computer Applications.
23. Felix T.S Chan, H.K Chan, 2011. Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. Expert Systems with Applications.
24. S.G.a.C. Rafele, 2007, «Current applications of a reference framework for the supply chain performance measurement» International Journal of Business Performance Management.
25. C. R. & A. C. Cagliano, 2006, «Performance measurement in supply chain supported by system dynamics» Elsevier.
26. Dyson R. G., Rathanassoulis E., Boussofiane, "Data Envelopment Analysis", in Tutorial Papers in Operational Research (ed. by L.C. Hendry and R.W. Eglese), Operational Research Society, 1990.
27. The Balanced Scorecard-measures that drive performance. Harvard Business Review, 1992

SITOGRAFIA

- a) <https://www.mecalux.it/blog/logistica-industriale>
- b) <https://www.blocksistem.com/scaffalature-a-ripiani/>
- c) <https://www.ferrettogroup.com/index.cfm/it/soluzioni/scaffalature-metalliche-e-soppalchi/scaffalatura-drive-in/>
- d) <https://www.blocksistem.com/soppalchi-industriali/>
- e) <https://www.openmindtech.it/magazzino-orizzontale-a-carosello/>
- f) <https://www.logisticaefficiente.it/magazzino/automazione/i-magazzini-automatici-caratteristiche-ed-applicazioni.html>
- g) <https://www.ferrettogroup.com/index.cfm/it/soluzioni/magazzini-verticali-barre-lastre-lamiere/magazzini-lastre-trasloelevatore/>
- h) https://www.researchgate.net/figure/Comparison-between-service-dimensions-in-PZB-and-the-LogistiQual-model_fig1_247831229

- i) https://www.researchgate.net/figure/LogistiQual-company-matrix_fig2_247831229
- j) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092521219300653>
- k) https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping