



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

TITOLO

**Ottimizzazione delle attività nei magazzini E-commerce. Il caso
DoorsSystem.**

*Optimization of activities in E-commerce warehouses. The DoorsSystem
case.*

Relatore: Prof. Ing. Alessandro Persona

Laureanda
Cacco Gloria

2062645

ANNO ACCADEMICO: 2022-2023

Sommario

INTRODUZIONE.....	7
CAPITOLO 1:.....	8
L'azienda.....	8
Il sistema gestionale aziendale.....	10
Analisi aziendale.....	11
CAPITOLO 2	15
E-commerce	15
Evoluzione del termine	15
Definizione di e-commerce	15
Crescita E-commerce	16
CAPITOLO 3	19
Stoccaggio a scaffali misti.....	19
Batching and zoning.....	23
Wave e waveless picking.....	31
AGV.....	34
AGV + Mixed Shelves.....	37
Robot che movimentano scaffali.....	39
Problemi decisionali RMFS.....	40
Regole decisionali modello di calcolo.....	41
Regola per assegnazione ordine di pick (POA)	42
Regole di assegnazione della stazione di rifornimento (ROA)	43
Regole di assegnazione del pod di picking (PPS).....	44
Regole di selezione del pod di rifornimento (RPS).....	44
Regole di assegnazione dello spazio di archiviazione dei pod (PSA)	45
IOT	46
CAPITOLO 4	53
E-commerce 3EDnergy e rinnovamento gestione delle scorte	53
Situazione attuale	56
Metodi di gestione delle scorte	63
Analisi dati aziendali.....	66
Moduli	66
Staffaggi prodotti in sede.....	67
Staffaggi acquistati esternamente	68

Batterie ed inverter	69
Utilizzo del gestionale	70
CONCLUSIONI	73
BIBLIOGRAFIA	74

INTRODUZIONE

Il seguente lavoro di tesi si basa sull'esperienza di collaborazione svolta in DoorsSistem S.r.l. azienda con sede a Brugine (PD), leader nella commercializzazione di kit fotovoltaici e nella produzione di portoni industriali.

L'obiettivo del progetto è stato l'avvio dell'e-commerce aziendale, per il ramo della 3D Energy. Da questo progetto deriva quindi un riassetto nella gestione delle scorte e del magazzino. L'obiettivo di passare ad una vendita che sfrutti per lo più il metodo dell'e-commerce potrebbe risultare ambizioso anche a livello gestionale, infatti, in genere sono richiesti dei tempi di evasione dell'ordine molto bassi con questa modalità di vendita. Ciò non toglie che una prima introduzione del nuovo sistema non sia un ottimo punto di partenza.

Il secondo obiettivo del progetto di tesi è quello di esplorare dalla letteratura le principali logiche di gestione dei magazzini innovative e qualche accenno riguardante l'industria 4.0 per la gestione ottimale del magazzino.

L'elemento che viene considerato di primaria importanza è la soddisfazione dei bisogni dei clienti, questo significa quindi che le scorte devono essere adeguate ad offrire agli stessi la possibilità di trovare nel minor tempo possibile e con la maggior efficienza ciò di cui hanno bisogno. Sempre di più questo viene messo in evidenza dalla tendenza del mercato a rispondere in tempi brevissimi alle esigenze del cliente. Il tempo risulta quindi essere la variabile principe tra tutte le altre. Per far fronte alla crescente competizione tra le aziende in cerca di un vantaggio competitivo, diventa fondamentale rendere efficienti e flessibili i sistemi di gestione dell'ordine in modo da ridurre al minimo il lead time, ovvero l'intervallo di tempo che intercorre tra la ricezione di un ordine e il suo soddisfacimento.

CAPITOLO 1:

L'azienda

DoorsSistem Srl è un'azienda italiana che opera nel settore delle energie rinnovabili e nel settore delle chiusure industriali, distribuisce e produce sistemi e soluzioni innovative.

DoorsSistem fu istituita nel corso degli anni '60, inizialmente focalizzata sulla produzione di chiusure industriali. La crescita dell'azienda avvenne nella regione del Piovese, partendo da un modesto inizio con un singolo impiegato responsabile di ogni fase della produzione. Con il passare degli anni, l'impresa ha affinato il suo expertise, espandendo la forza lavoro e diversificando la sua offerta. Il 2008 segna l'ingresso nel campo del fotovoltaico con la creazione di una divisione dedicata all'interno della società madre.

L'ultima branca aziendale si dedica allo sviluppo e alla commercializzazione di moduli fotovoltaici, inclusi i supporti strutturali e tutti i componenti indispensabili per creare un insieme fotovoltaico funzionale, che comprende inverter, batterie di accumulo e tutti gli accessori richiesti per completare il kit.

L'indagine approfondita e lo sviluppo del prodotto hanno rappresentato un aspetto cruciale per l'impresa, permettendole di raggiungere una posizione di primo piano nel suo campo. L'azienda si distingue offrendo soluzioni tecniche innovative per i settori industriale, commerciale e residenziale.



Oggi i 3D Energy sono commercializza in tutto il mondo e offrendo una vasta gamma di soluzioni a disposizione dei propri clienti. Lo scopo ultimo è quello di dare un proprio contributo nella transizione energetica, cooperando attivamente al raggiungimento degli obiettivi europei del 2050 per una società a basse emissioni di carbonio.

All'interno di 3D Energy è presente anche un reparto di progettazione degli impianti fotovoltaici. Ogni cliente ha quindi a disposizione le competenze del reparto tecnico allo scopo di individuare l'alternativa che assicuri efficienza, basso costo e completa assistenza in base alle esigenze del singolo.

La mission aziendale, riassumendola per punti, è orientata a

- Fornire ai clienti le migliori soluzioni tecnologiche ed innovative per il risparmio energetico
- Fornire ai clienti una selezione di prodotti delle migliori aziende leader nel mondo
- Fornire ai clienti una soluzione completa e personalizzabile

L'azienda ora può vantare la presenza di 15 dipendenti diretti e circa 200 figure tra installatori, commerciali e distributori che propongono i loro prodotti. La parte più importante della rete commerciale si concentra nel triveneto. Data la lunga esperienza nel campo del fotovoltaico 3D Energy ha la possibilità di scegliere con cura i propri collaboratori ponendo attenzione al mantenimento della qualità e a un livello di servizio adeguato associato alla vendita dei suoi prodotti. Ai partner che 3DEnergy sceglie di associare al proprio nome, è richiesto di rispettare la mission e la vision aziendale: questo viene reso possibile dalla grande esperienza maturata negli anni e dalle competenze che li distinguono dalla massa.

Il cliente che si interfaccia con 3DEnergy ha la possibilità di ottenere un servizio a 360 ° che parte con la ricerca dei migliori prodotti sul mercato, continua con il progetto tecnico per la realizzazione della migliore soluzione e termina con la posa e la messa in opera dell'impianto fotovoltaico e successiva assistenza.

Il sistema gestionale aziendale

In 3D Energy il sistema gestionale ERP in utilizzo è il Danae, si tratta di un gestionale non troppo complesso che lascia però spazio a tutte quelle azioni standard fondamentali per tenere sotto controllo i flussi aziendali.

Il gestionale si può concettualmente dividere in aree:

- Area acquisti e logistica al cui interno posso gestire con facilità gli acquisti, il magazzino, le scorte e il loro controllo con la stima di riordino, l'inventario e la distinta base e la tracciabilità dei prodotti
- Area commerciale dove vengono registrate le vendite, le provvigioni, i rincari e da cui posso ottenere le statistiche e i budget di vendita
- Area customer dove posso gestire il marketing e l'assistenza
- Area produzione dove pianifico la produzione e la programmo in base alle giacenze di magazzino
- Area finanziaria in questa parte del sistema posso analizzare la corrispondenza tra ordini e fatturazione, la contabilità in generale, le scadenze, la gestione finanziaria e la situazione patrimoniale dell'azienda
- Area controllo di gestione da cui si possono ricavare analisi e budget di bilancio, margini di guadagno e redditività, statistiche sull'andamento aziendale utili per eseguire documenti di previsione delle vendite e analisi dettagliate sull'andamento complessivo

L'utilizzo efficiente del sistema gestionale è risultato fondamentale nel primo periodo dell'esperienza per comprendere appieno quali siano i processi interni all'azienda che partono dalla gestione degli ordini, alla gestione del magazzino, la programmazione degli ordini clienti, i documenti necessari per il trasporto e per la fatturazione e le comunicazioni interne aziendali per far iniziare la preparazione di un ordine o la produzione dei componenti richiesti dal cliente.

Analisi aziendale

Per quanto riguarda la gestione delle scorte e dei riassortimenti della 3D Energy e quindi la gestione della fornitura dei rivenditori nella realtà commerciale.

L'azienda ha a disposizione uno stabile dove convivono la realtà produttiva (specializzata nella parte dei portoni industriali), il magazzino delle scorte (dove trovo i prodotti relativi ai kit fotovoltaici), il reparto tecnico, il reparto commerciale e il reparto amministrazione. Le prime due occupano gran parte dello spazio a disposizione.

Lo stabile è composto da una zona di ricevimento ed accettazione della merce. Si tratta di una zona abbastanza ampia, comprende infatti parte del piazzale esterno. In quest'area arrivano i mezzi che scaricano i rifornimenti. Vicino a questa è presente una zona di accettazione dove viene eseguito il controllo qualità della merce appena ricevuta, prima dello stoccaggio a magazzino. Quando si tratta di prodotti finiti che verranno poi solo immagazzinati, senza subire rilavorazioni, il controllo qualità è rapido. Si osserva che non siano stati fatti danni nel corso della spedizione e poi si procede con lo stock a magazzino.

Quando invece si ricevono dei semilavorati il controllo è più severo: viene eseguita un'analisi sul 100% della merce che viene consegnata e questa è stoccata a magazzino solo dopo un attento controllo da parte degli addetti.

Quando sono state effettuate tutte le verifiche necessarie la merce è pronta per passare al magazzino.

Il magazzino è costituito da scaffalature a semplice profondità dove sono immagazzinati tutti gli elementi riguardanti gli staffaggi e la componentistica fotovoltaica. Tra le scaffalature si formano due corsie che non sono sufficientemente ampie per permettere al carrello elevatore di attraversarle. L'operatore addetto alla preparazione degli ordini (chiamato picker) analizza le righe di cui sono composti gli ordini e per ogni referenza richiesta dal cliente preleva a magazzino ciò che è necessario. Questa risulta essere

un'attività molto onerosa in termini di tempo ma i volumi di prelievo non sono sufficientemente adeguati per poter pensare ad una soluzione più automatizzata.

Una parte importante del magazzino è poi occupata dallo stock dei moduli fotovoltaici. I moduli commercializzati hanno varie dimensioni: 172 x 113 cm oppure 192 x 113 cm. I moduli si differenziano per la potenza che sviluppano e, moduli con le stesse dimensioni, possono sviluppare diverse potenze in quanto possono avere al loro interno tecnologie più o meno innovative che li rendono più o meno efficienti. Le dimensioni hanno una considerevole importanza in quanto la superficie occupata da questi è significativa.



Sono stoccati in un'area del magazzino separata rispetto agli staffaggi e al momento della ricezione i pallet sono composti da 40 pannelli sovrapposti l'uno all'altro.

I moduli sono rivestiti da un pannello di vetro. Questo elemento rende il pannello pesante, pertanto il posizionamento dei moduli sovrapposti risulta complicato. Le pile possono essere composte da massimo tre bancali, questo comporta un grande utilizzo di spazio per lo stock di questi prodotti.

Nella gestione delle scorte particolare rilevanza ha lo spazio occupato dai moduli. Il riordino viene effettuato nel momento in cui il livello delle scorte risulta inferiore ad una certa soglia, ritenuta di sicurezza. Si preferisce infatti eseguire un singolo ordine con quantitativi importanti piuttosto che riordinare lo stesso prodotto più volte. Grazie a questo approccio i fornitori sono disponibili ad applicare uno sconto, di una certa

percentuale, che può risultare un fattore importante per rimanere competitivi nel mercato turbolento.

La divisione del magazzino in due diverse zone (moduli e componentistica varia) obbliga anche il picker a gestire in due diversi momenti il prelievo di questi elementi. Grazie all'esperienza dell'addetto il tempo per la ricerca dei materiali è minimizzato, per il prelievo degli ordini il picker è obbligato a percorrere gran parte del magazzino per soddisfare le esigenze del cliente che acquista un kit fotovoltaico. Questa parte del lavoro in magazzino non è una fase che porta del valore aggiunto e, anzi, in termini di tempo risulta essere dispendiosa.

Possono quindi essere individuate delle criticità per quanto riguarda la gestione del magazzino

- Il numero di referenze è importante: le tecnologie evolvono ma d'altra parte le referenze da tenere in casa non vengono completamente sostituite con l'introduzione di una nuova tecnologia. Questo porta ad essere obbligati ad avere a magazzino un gran numero di prodotti, a meno che non venga compromesso il livello di servizio al cliente finale. D'altra parte, per poter beneficiare di sconti in fase di acquisto sono richiesti dei lotti minimi di acquisto.
- La domanda è stagionale, sono presenti infatti dei picchi di vendita in corrispondenza del periodo estivo. Il periodo dell'anno in cui le vendite dei moduli fotovoltaici aumenta è, infatti, quello primaverile ed estivo. Questo fattore risulta essere importante per la gestione degli approvvigionamenti. Un gran numero di scorte, però, è per definizione un capitale immobilizzato e quindi un aspetto che deve essere tenuto presente. Per essere in grado di servire il cliente nel miglior modo possibile, 3D Energy, tende a seguire la curva della stagionalità anche con la gestione degli approvvigionamenti. Lo stock dei materiali è un aspetto che viene analizzato periodicamente e facendo leva su queste analisi è possibile anche indirizzare il reparto commerciale verso la vendita di alcuni prodotti allo scopo di ridurre le scorte a magazzino, tenendo sempre in considerazione però le necessità del cliente.

- Si sono verificati dei picchi elevati di domanda con l'avvento di particolari decreti nazionali come il Superbonus del 110%. Questo ha provocato un forte aumento della richiesta dei moduli fotovoltaici ed è stato un ulteriore elemento da valutare per la gestione delle scorte.
- È importante poi sottolineare anche la scarsità del prodotto: in fase di elevata richiesta, rispondere agli ordini dei clienti mantenendo il livello di servizio che caratterizza 3D Energy è un aspetto da tenere in considerazione. Dalla scarsità del prodotto ne deriva un aumento dei prezzi e soprattutto una difficoltà negli approvvigionamenti. I valori degli stock vengono analizzati settimanalmente e nei periodi di più alta richiesta, l'indice di rotazione dei prodotti è molto alto. Questo indice analizza il numero delle volte in cui, in un certo periodo di tempo, un articolo è stato interamente venduto o rinnovato. Si calcola come rapporto tra la somma del venduto (valorizzata al costo) e lo stock medio in un certo periodo.
- Richiesta di un livello di servizio sempre più elevato visto che i clienti sono molto più esigenti. In generale l'acquisto è diventato sempre più rapido e veloce e la grande disponibilità dei prodotti di consumo ha portato il cliente a richiedere una crescente velocità nell'evasione degli ordini. Le consuetudini di acquisto hanno portato quindi il cliente a richiedere sempre più velocità ed efficienza sotto questo punto di vista. I clienti, inoltre, sono sempre meno propensi ad acquistare un prodotto che non corrisponda appieno alle sue esigenze, il cliente che un tempo era fidelizzato e legato alle consuetudini di acquisto è ora orientato nella scelta anche da logiche di prezzo e di servizio. 3D Energy ha utilizzato questo come punto di forza del suo business

Vista la forte crescita dell'azienda degli ultimi anni il fattore tempo è stato sicuramente critico, ma gestito sapientemente con adeguate politiche.

CAPITOLO 2

E-commerce

Come detto in precedenza le abitudini di acquisto dei clienti si sono modificate nel tempo e 3D Energy è sempre stata in grado di rinnovarsi e adattarsi alle novità inserendo prodotti innovativi. Nel periodo storico che stiamo vivendo la necessità di rapidità nella gestione degli ordini è diventato di assoluta importanza. Da questo presupposto è quindi nata all'interno dell'azienda la volontà di assecondare i clienti sotto questo aspetto. La direzione aziendale ha quindi pensato di fornire un metodo rapido ed efficiente per la gestione degli ordini. Questa alternativa si è poi concretizzata nell'idea e nella successiva adozione dell'e-commerce. Il progetto ha presentato delle sfide per l'azienda.

Evoluzione del termine

L'e-commerce nasce nei primi anni Settanta con l'EDI, acronimo di *Electronic Data Interchange*, si tratta di un sistema di comunicazione tra aziende per i documenti di business in formato standard. Questo sistema va a sostituire i documenti cartacei come gli ordini e le fatture gestendo le attività commerciali attraverso l'utilizzo di questa tecnologia. Grazie a questo sistema le organizzazioni hanno la possibilità di risparmiare tempo, abbassare i costi ed eliminare errori causati dalla consueta elaborazione manuale. Questo rinnovamento viene adottato in larga scala nei primi anni Novanta ed inizialmente prende piede soprattutto nel commercio tra imprese, B2B, solo in un secondo momento si rivolge direttamente al consumatore finale.

Definizione di e-commerce

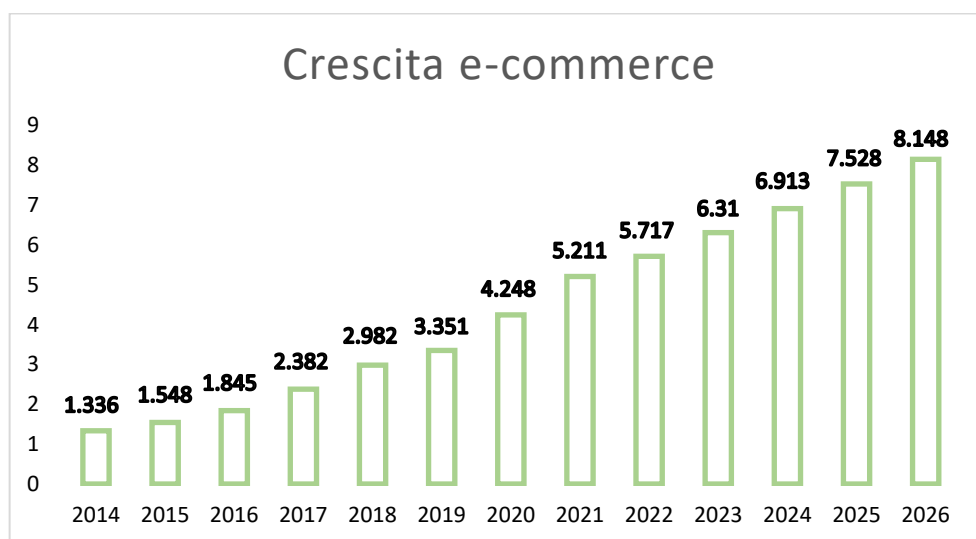
L'e-commerce è considerato come “transazione e scambio di beni e servizi effettuati mediante l'impiego della tecnologia delle telecomunicazioni e dell'informatica”. Non ha una definizione precisa e considerata valida per tutti se ne parla però all'interno di una comunicazione della comunità europea, dove viene definito come “lo svolgimento di attività commerciali e di transazioni per via elettronica e comprende attività diverse

quali la commercializzazione di beni e servizi per via elettronica, la distribuzione online di contenuti digitali, l'effettuazione per via elettronica di operazioni finanziarie e di borsa, gli appalti pubblici per via elettronica e altre procedure di tipo transattivo della Pubblica Amministrazione”.

Crescita E-commerce

Un report importante per quanto riguarda l'evoluzione dell'e-commerce in Italia e nel mondo è quello dello studio Casaleggio Associati che vanta un'esperienza di 17 anni alle loro spalle.

I dati stimano che nel mercato globale il fatturato dell'E-commerce nel 2023 supererà i 6 mila miliardi di dollari che diventeranno poi 8 nel 2026. È quindi necessario per le aziende essere presenti online. Anche dal punto di vista di un'economia nazionale è importante che anche le piccole e medie imprese vengano spinte verso la presenza online in quanto gran parte del tessuto del commercio, in particolare quello italiano, è fondato su piccole e medie imprese.



È importante per questa tipologia di aziende comprendere l'importanza dell'innovazione. I cosiddetti “small business”, specialmente quelli posizionati nelle zone rurali, hanno bisogno di individuare delle soluzioni innovative per rimanere al

passo con i tempi. La globalizzazione e la competitività sul mercato sono infatti sempre più feroci. Avere quindi la possibilità di vendere non più solo nella sede fisica dell'esercizio ma anche online deve essere visto come un grande vantaggio. Non è più solo uno strumento per il mercato ma la base per la sopravvivenza dell'impresa.

In un'ottica di questo tipo quindi le piccole e medie imprese sono messe di fronte ad una serie di problematiche come la logistica, lo stoccaggio e il magazzinaggio. Le ricerche stimano che tra 100 piccole e medie imprese che hanno iniziato ad utilizzare l'e-commerce come metodo di vendita hanno incrementato il loro fatturato dal 10 al 20% a prova che anche le economie di questo genere di imprese possono trarre dei benefici dalla vendita online.

Una parte che deve essere studiata e ben definita per quanto riguarda la gestione di un e-commerce, soprattutto per il B2C, è quella della logistica della merce, la quale comprende tutte le funzioni base come ricezione, stoccaggio, prelievo degli ordini e spedizione.

Secondo de Koster et al (2007) nel 2007 oltre l'80% dei magazzini europei seguiva ancora la configurazione picker-to-parts. In questo caso gli operatori si spostano verso i vari scaffali dove sono presenti le varie unità di stoccaggio richieste (SKU).

Il principale svantaggio di questo sistema è che il tempo improduttivo del picker è molto alto in quanto l'operatore cammina quando si sposta da uno scaffale all'altro e torna al deposito centrale. I volumi della vendita tramite e-commerce sono sempre crescenti e quindi è necessario trovare delle metodologie con il fine di ottimizzare questo processo.

I requisiti da soddisfare sono i seguenti:

- Ordini piccoli: le righe di ordine per questa vendita sono poche, nei magazzini tedeschi di Amazon si parla di una media di 1,6 righe d'ordine in media
- Tempi di consegna brevi: molti venditori online fanno leva sul fatto che le consegne vengano effettuate nell'arco della giornata successiva all'acquisto se non il giorno stesso
- Ampio assortimento: i negozi online presentano una vasta quantità di prodotti e possono permettersi un vasto assortimento. Il termine "the long tail" diffuso nel 2006 da Chris Anderson descrive come con un grande afflusso di utenti nei siti internet ottengano molto più guadagno da prodotti di nicchia piuttosto che da

prodotti popolari molto richiesti. Gli e-commerce non sono oggetti a spese per lo stoccaggio di articoli, come accadrebbe nei punti vendita al dettaglio, quindi online è più facile trovare prodotti di nicchia e questi rappresentano una percentuale delle vendite maggiore rispetto ai negozi fisici.

- Carichi di lavoro variabili: le richieste sono altamente volatili a seconda dei prodotti offerti a causa, ad esempio, delle vendite stagionali pertanto le capacità di magazzino e di movimentazione delle SKU devono essere variabili e facilmente adattabili.

È di facile intuizione quindi che i magazzini convenzionali abbiano delle difficoltà nel soddisfacimento di questi requisiti. Il tempo improduttivo dei picker che lavorano ad ordini piccoli è molto importante e sarebbe inoltre necessaria una forza lavoro numerosa se si vogliono rispettare i tempi di questo tipo di vendita.

CAPITOLO 3

Si analizzano ora varie tipologie di gestione dei magazzini E-commerce. Per definire una politica adatta alla ricerca devono rispettare elementi essenziali volti all'ottimizzazione del risultato richiesto.

Stoccaggio a scaffali misti

Un primo approccio che si può valutare nell'ambito della gestione a magazzino per gli E-commerce è lo stoccaggio a scaffali misti. È una modalità di stoccaggio che viene utilizzata ad esempio dai magazzini Europei di Amazon e anche da Zalando. Sono entrambi store B2C quindi che hanno la necessità di soddisfare i requisiti precedentemente elencati.



I carichi unitari in entrata, composti da numerose unità dello stesso articolo, vengono divisi in singole unità che sono poi distribuite su molti scaffali del magazzino. Quindi si possono trovare le varie SKU in più posizioni differenti e non raggruppate tutte nella

stessa ubicazione. Questo ha l'obiettivo di ridurre le distanze medie da ogni punto del magazzino in modo da ottimizzare il percorso del picker. Questa tipologia di magazzino inoltre presenta più punti d'accesso e più punti dove è possibile consegnare gli ordini completati. Ottimizzando il percorso degli operatori si è in grado di rispettare più facilmente i tempi di consegna richiesti.

Il magazzino a scaffali misti è inoltre modulabile, in quanto è facile aggiungere o togliere dei picker o delle zone del magazzino allo scopo di variare la capacità di magazzinaggio e la capacità produttiva.

Questi magazzini rispondono bene alla necessità del grande assortimento necessario per gli store B2C. In quanto raramente in questo segmento vengono ordinati prodotti in grandi quantità per cui lo stoccaggio su scaffali misti sembra adatto a questa applicazione. L'aspetto negativo è che questo tipo di magazzinaggio comporta uno sforzo aggiuntivo durante lo stoccaggio delle unità.

Il lato negativo dei magazzini a stoccaggio sparso si presenta quando ai picker sono commissionati ordini che presentano più articoli per la stessa riga di codice. Questi sono infatti costretti a visitare un maggior numero di stazioni per completare l'ordine. D'altra parte, è una situazione che si presenta raramente in questo segmento di mercato visto il basso numero di articoli richiesti per la stessa riga d'ordine generalmente desiderato. Nella progettazione di un magazzino a scaffali misti è necessario considerare il posizionamento degli scaffali, di corsie e depositi e selezionare anche l'attrezzatura di supporto per i picker. Per utilizzare lo spazio in modo efficiente gli scaffali ad altezza uomo hanno più ripiani su cui posizionare la merce. Per questo genere di magazzino però non è ancora disponibile un supporto decisionale scientifico, per indirizzare i picker nel percorso più efficiente.

I picker sono dotati di uno scanner portatile che li dirige verso la posizione di prelievo in quanto non è possibile trovare le SKU senza alcun supporto informatico. Sono poi anche dotati di carrelli di prelievo con capacità di più di un contenitore in modo da poter prelevare più di un solo ordine alla volta.



Si deve poi pensare anche al re stock dei prodotti. Anche questa operazione viene eseguita da uno o più operatori.

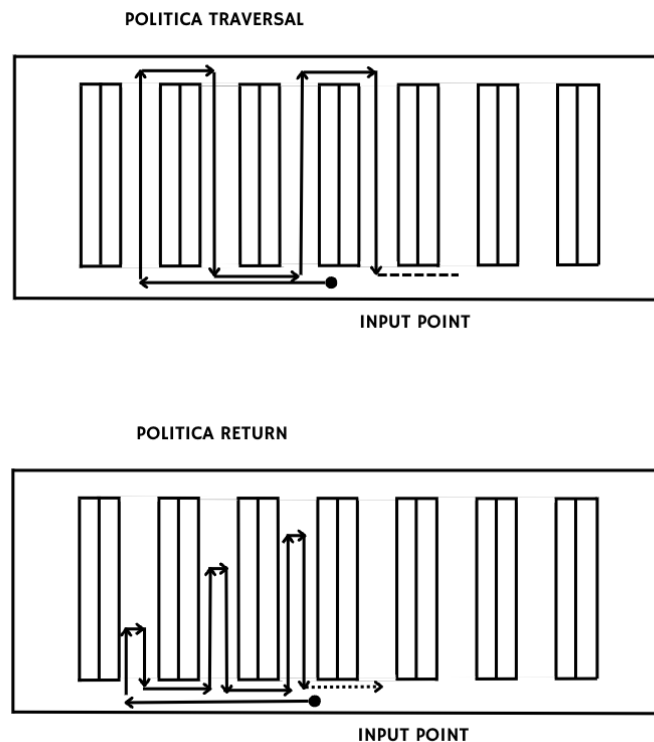
In una prospettiva di lungo termine lo stoccaggio casuale porta ad ottenere una distribuzione equa delle unità nel magazzino. Si potrebbe pensare che la scelta umana del posizionamento delle SKU renda il processo non del tutto casuale portando invece a riempire prima gli scaffali più vicini. Questa condizione non è presente quando si parla di un orizzonte temporale lungo e la variabilità decisionale umana viene minimizzata.

Come in qualsiasi altro magazzino, l'assegnazione determina l'esatta posizione di stoccaggio ogni unità da immagazzinare. Nei magazzini a scaffali misti lo stoccaggio è casuale e la selezione delle posizioni di stoccaggio viene definita dagli addetti alla logistica. Questi lavoratori, dotati di un carrello pieno di unità da immagazzinare e di uno scanner portatile, entrano nel magazzino, posizionano le unità dove trovano lo spazio di stoccaggio adeguato e registrano la nuova posizione di stoccaggio della rispettiva SKU. Vengono quindi riempite prima le zone più convenienti e più facilmente raggiungibili. In letteratura viene anche citata la possibilità di pianificare le posizioni di stoccaggio in modo tale da ottimizzare la dispersione delle unità ed ottenendo di conseguenza prestazioni di prelievo molto più elevate.

Per questa tipologia di magazzino ci sono delle questioni importanti da prendere in considerazione. L'assegnazione degli ordini ai picker e l'instradamento dei picker.

Per assegnare le priorità agli ordini il fattore più importante è l'urgenza, (importanza del cliente, date di consegna previste e gli orari di partenza dei camion).

Il carico di lavoro dei picker deve poi essere equo e gli ordini assegnati allo stesso operatore devono essere idonei al percorso che deve fare. È il picker che decide la priorità delle posizioni da visitare quindi sarà una decisione umana quella del percorso migliore da scegliere. Ci sono varie politiche di gestione del percorso che possono essere adottate in un magazzino. Si parla infatti di politiche traversal o politiche return. Le prime impongono che il picker percorra completamente la corsia del magazzino, si hanno quindi delle corsie a senso unico. Il picker ha la possibilità di prelevare la merce sia da un lato che dall'altro della corsia.



Le seconde consistono nell'entrare in una corsia, prelevare tutta la merce su un lato e spostarsi sull'altro solo alla fine della corsia (in caso non si debba più prelevare alcun articolo in quella parte di corsia) per poi uscire dalla stessa corsia. In questo modo ogni corsia ha due sensi di percorrenza.

Nei magazzini a stoccaggio misto però le SKU da prelevare sono immagazzinate in più posizioni di stoccaggio ma, una volta che un ordine ha esaurito una posizione di

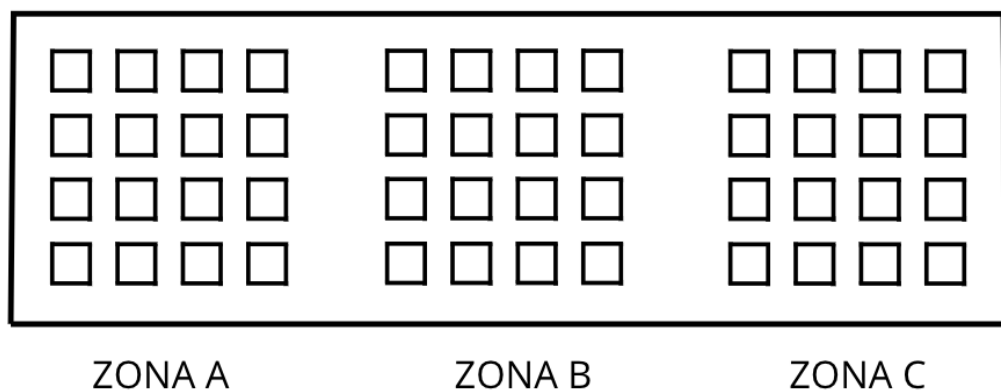
magazzino, queste unità non sono più disponibili per ordini successivi. Viene qui messo in luce il problema di ordini con più SKU uguali.

Batching and zoning

Come assodato in precedenza, il problema più importante da gestire nei magazzini risulta essere quello del tempo improduttivo dei picker. Per ovviare a questo esistono due politiche di stoccaggio che cercano di ottimizzare la gestione dei tempi: batching and zoning.

Con lo stoccaggio a scaffali misti vengono utilizzate queste tecniche in modo da ottenere riduzioni sul percorso dei picker e quindi dei tempi improduttivi.

- **Batching:** la politica del batching consiste nel non tornare al deposito centrale ogni volta che un ordine viene completato bensì vengono unificati più ordini nello stesso giro di picking e che poi in un secondo momento separati nei vari ordini con l'operazione di commissionamento.
- **Zoning:** il magazzino viene suddiviso in diverse zone. I picker hanno l'obbligo di prelevare solo la parte di un ordine che compete alla loro zona. In questo modo dato che i picker che lavorano in un magazzino sono numerosi, gli ordini hanno la possibilità di avanzare in parallelo ottenendo quindi un'elaborazione più rapida, creando meno traffico tra i picker e inoltre dando la possibilità agli addetti di familiarizzare con le zone di picking. Altro punto a favore di questa politica è che i picker attraversino solo delle aree più piccole del magazzino, rendendo quindi ancora più rapida l'evasione dell'ordine.



Posso classificare lo zoning come progressivo dove gli ordini sono raccolti zona dopo zona oppure parallelo dove gli ordini avanzano attraversando prima una zona poi l'altra.

Si può decidere di applicare una sola o entrambe di queste politiche. È necessario però tenere presente che gli ordini una volta prelevati in modo parallelo devono poi essere raggruppati e di conseguenza se il magazzino è stato diviso in più zone le operazioni di consolidamento dell'ordine sono più impegnative.

C'è la possibilità però di ovviare a questo problema se la suddivisione delle zone viene applicata in modo sequenziale. Si parla infatti di "progressive zoning": il lotto di ordini che i picker elaborano in quel momento viene passato da una zona a quella successiva. Viene anche detto sistema "pick-and-pass".

Si parla invece di "pick-and-merge" quando gli operatori delle zone lavorano simultaneamente a uno stesso ordine, ognuno con il proprio contenitore. In questo modo il picker non è obbligato ad aspettare che il collega della zona precedente abbia terminato il suo compito per poter lavorare sull'ordine.

Va eseguito un bilanciamento in considerazione del fatto che se ho zone di prelievo più grandi i pickers saranno obbligati ad eseguire un tragitto più lungo provocando quindi un tempo medio di gestione dell'ordine più elevato. Se invece ho più pickers nella stessa zona il loro tempo improduttivo diminuirà. Avendo un numero di zone inferiore ottengo un numero di visite ridotto e di conseguenza una riduzione del tempo di configurazione dell'ordine. È quindi necessario trovare un compromesso tra il numero ottimale di zone, la grandezza di queste e il numero di picker al fine di minimizzare il tempo medio di evasione degli ordini.

Visto il grande interesse sulla gestione del tempo e nell'evasione degli ordini e-commerce spesso i magazzini sono divisi in zone parallele. Gli ordini parziali vengono raccolti simultaneamente in più zone e successivamente devono essere uniti.

Lavorando in questo modo l'ordine per essere evaso ha bisogno di un ulteriore rimaneggiamento per portarlo a conclusione. Le fasi di cui si compone quindi la gestione dell'ordine sono:

- Picking: la raccolta di questi ordini viene eseguita da operatori che raccolgono ordini parziali nella loro zona. Spesso capita che gli operatori abbiano a disposizione dei carrelli per il prelievo per raccogliere più lotti in parallelo. Una volta che il giro dell'operatore è completato i contenitori vengono consegnati ad un sistema di trasporto centrale nel punto di accesso alla rispettiva zona e si inizia il giro successivo.
- Stoccaggio intermedio: i contenitori con gli ordini gestiti dai pickers vengono immessi nella zona di stoccaggio intermedio solo nel momento in cui l'ordine risulta completato in tutte le sue righe. Se così non fosse si rischierebbe un accumularsi di troppi ordini in sospeso. Le cause di questo possono essere ad esempio delle differenze di inventario o anche unità smarrite. Gli ordini poi vengono raccolti nel sistema di trasporto centrale possono essere composti da un nastro trasportatore a circuito chiuso in cui le unità circolano finché il lotto degli ordini del batch completo non è arrivato al circuito.

Un trasportatore ad anello ha lo svantaggio di occupare un grande spazio all'interno dello stabile.

Per questo motivo spesso i magazzini di grandi dimensioni utilizzano dei sistemi di stoccaggio e prelievo automatizzati ad esempio ASRS (automated storage and retrieval system) per stoccare temporaneamente i contenitori in modo efficiente in termini di spazio.

Gli ASRS sono tecnologie utilizzate nella logistica per automatizzare il deposito e il recupero di merci all'interno di magazzini o centri di distribuzione. Essi sono costituiti da diverse componenti, come carrelli automatizzati, gru, robot e scaffalature specifiche che funzionano insieme per posizionare, spostare e recuperare carichi in maniera efficiente e precisa.

L'uso di ASRS permette di massimizzare l'uso dello spazio verticale in un magazzino, riducendo l'area di impronta al suolo necessaria per lo stoccaggio. Sono particolarmente utili in ambienti dove è richiesta alta densità di stoccaggio e dove la velocità e la precisione nella movimentazione dei prodotti sono critiche, come nei settori dell'e-commerce, manifatturiero e di distribuzione.



Le strutture di queste scaffalature possono essere costituite da una o più scaffalature a cui accedono una o più macchine di stoccaggio e recupero automatizzate.

In genere gli scaffali sono disposti a coppie di corridoi rettilinei. Ogni scaffale è composto da più colonne dove sono immagazzinate le varie SKU. Nel sistema più automatizzato, le richieste sono poi elaborate da traslo-elevatori automatizzati che viaggiano lungo le corsie ed eseguono le operazioni di stoccaggio, recupero e trasferimento.

Un altro sistema che viene utilizzato per svolgere questo compito è quello a carosello. Gli ASRS a carosello, noti anche come "carousels" o "vertical carousels", sono sistemi di stoccaggio automatizzati che utilizzano il principio di rotazione per spostare le merci in modo verticale o orizzontale, migliorando l'efficienza dello stoccaggio e il recupero degli articoli.

In un carosello verticale, le merci sono disposte su piattaforme o ripiani che ruotano in verticale, simile a una giostra. Questo movimento permette di portare gli articoli al livello dell'operatore, riducendo il bisogno di spostarsi o di utilizzare scale o altre attrezzature per raggiungere i prodotti stoccati in alto. Questo sistema sfrutta l'altezza del magazzino, massimizzando lo spazio di stoccaggio verticale.



I carousels orizzontali, invece, si muovono lungo un asse orizzontale. Sono costituiti da una serie di bin o cestini collegati in un loop che si muove in un movimento orizzontale circolare, permettendo agli articoli di essere presentati all'operatore a un livello comodo per il prelievo.



Entrambi i tipi di caroselli sono spesso controllati da software che gestiscono l'inventario e ottimizzano il recupero degli articoli, garantendo che l'articolo più vicino sia presentato all'operatore. Questo riduce significativamente il tempo di attesa per il prelievo e migliora l'efficienza complessiva del sistema di magazzino. Sono particolarmente utili per stoccare piccoli componenti o articoli che sono prelevati frequentemente, e sono una soluzione popolare in ambienti come il settore della distribuzione di parti di ricambio, farmaceutico, elettronico, e in qualsiasi scenario dove lo spazio al suolo è limitato.

Questi sistemi di stoccaggio permettono di mantenere una certa organizzazione tra gli ordini, quindi, viene rispettata la politica di picking in parallelo.

- L'ultima fase è poi quella di consolidamento in cui l'operatore imballa l'ordine nel cartone di spedizione e questi vengono poi inoltrati ai camion diretti verso le rispettive destinazioni. Anche in questo caso si possono scegliere varie opzioni per eseguire questa operazione: la prima riguarda delle operazioni manuali con i cosiddetti put-wall cioè un rack separato in più piani accessibile da entrambi i lati. Ogni mensola è assegnata temporaneamente ad un singolo ordine. Il put-wall funziona in questo modo: viene eseguito il prelievo degli ordini a magazzino, vengono raccolti più ordini contemporaneamente. Una volta raccolti, gli articoli vengono portati al put-wall dove vengono posizionati nello spazio assegnato ad ogni ordine. Si esegue poi l'operazione di consolidamento dove gli articoli per ogni ordine singolo sono uniti in un'unica spedizione e si procede poi con l'imballaggio e la spedizione. Il put-wall è un sistema attualmente in uso nei magazzini polacchi di Amazon.

L'efficienza di un sistema Put Wall risiede nella sua capacità di ridurre il tempo di cammino degli addetti al prelievo, aumentare l'accuratezza dell'ordine tramite la separazione fisica degli articoli, e accelerare il processo di imballaggio e spedizione. Questo sistema è particolarmente utile per gestire grandi volumi di ordini piccoli o di composizione mista, tipici dell'e-commerce



Un grande vantaggio di questo sistema è la scalabilità, elemento essenziale per la gestione di un magazzino e-commerce. Il carico di lavoro infatti deve essere adattabile alle richieste stagionali e ai picchi di domanda. Con questo metodo si può aumentare o diminuire la capacità di lavoro alla necessità, aggiungendo o eliminando operatori. D'altra parte, la manodopera è molto costosa, per questo

motivo spesso si ricorre a soluzioni automatizzate dove gli operatori sono sostituiti da sistemi di smistamento.

Gli ordini vengono posizionati nel sistema di smistamento automatizzato composto da un nastro trasportatore. La prima azione che deve essere eseguita è la scansione di un codice a barre identificativo dell'unità presente. Fatto questo il nastro si muove su una sequenza di corsie di uscita successive. Quando l'unità raggiunge la corsia assegnata lo smistatore entra in atto e sposta l'unità tramite uno scivolo a gravità che lo porta nella rispettiva stazione di imballaggio assegnata. Quando le unità dell'ordine sono arrivate tutte nella destinazione richiesta una luce si accende ad indicare che l'ordine è pronto per essere imballato. A questo punto un packer (un addetto con il ruolo di assemblaggio dei pacchi) si sposta alla stazione illuminata ed esegue le attività richieste per impacchettare l'ordine. Una volta terminata questa operazione la corsia viene liberata in modo che possa essere pronta per un successivo ordine. Questo metodo impone un investimento iniziale più elevato rispetto ad un put-wall, analizzato in precedenza, i costi di esercizio sono inferiori in quanto ho bisogno di un numero inferiore di operatori umani per eseguire i compiti, tuttavia, non portano i benefici del put-wall per quanto riguarda la scalabilità del sistema. Per coordinare i picchi di domanda, comuni negli e-commerce, devo implementare il sistema e quindi affrontare dei costi importanti.

Il problema importante nella gestione del batching è la formazione del batch (lotto). il compromesso tra urgenza ed efficienza è primario. Da un lato gli ordini considerati urgenti come quelli di clienti che partecipano a programmi di consegna premium con tempi di consegna vicini dovrebbero essere preferiti e aggiunti a lotti di consegna rapida. D'altra parte, gli ordini con posizioni vicine dovrebbero essere unificati in lotti per abbreviare i risultanti percorsi di prelievo. La prima alternativa è quella del raggruppamento degli ordini offline: gli ordini più urgenti sono già stati selezionati in base ai criteri citati sopra, si compongono dei lotti che portino il picker ad eseguire un tour efficiente. Una possibilità per integrare il compromesso tra urgenza ed efficienza sta nel dare agli ordini una data di scadenza definendo una data limite (time-window)

che lascia il tempo alla fine del picking anche per inscatolare l'ordine e raggiungere il punto di smistamento delle merci.

Un altro ramo relativamente nuovo in questo campo è il raggruppamento online (dinamico) degli ordini. Si considera che gli ordini arrivino in modo dinamico e non in lotti statici.

Questa tipologia può essere poi distinta ancora tra batching a finestra temporale fissa (fixed time window batching): la finestra di tempo per il raggruppamento degli ordini è predeterminata e non cambia indipendentemente dalle condizioni operative. Questo metodo semplifica la pianificazione e la programmazione del lavoro ma potrebbe non essere ottimale nei periodi di domanda irregolare poiché non può adattarsi alle variazioni di flusso. Esiste anche batching a finestra temporale variabile (variable time window batching) in cui la finestra di tempo durante la quale gli ordini possono essere raggruppati non è fissa ma può cambiare in base a vari fattori, come i livelli di domanda, l'orario di picco e la capacità di lavorazione. La flessibilità di questo metodo garantisce di adattarsi meglio alle fluttuazioni della domanda e di massimizzare l'efficienza operativa.

Entrambi i metodi cercano di bilanciare i benefici del raggruppamento degli ordini per la riduzione dei costi e l'aumento della velocità di elaborazione con i potenziali svantaggi come i ritardi nell'elaborazione di alcuni ordini. Il metodo scelto dipende spesso dalla specifica configurazione operativa del magazzino o del centro di distribuzione, nonché dalle esigenze di servizio clienti e dai livelli di domanda previsti.

Per trovare un supporto oggettivo all'ottimizzazione del batching, è stato studiato il caso di un magazzino rettangolare a due blocchi (figura) a stoccaggio casuale, i risultati ottenuti indicano che la strategia pick-and-sort (PAS effettuare il picking e poi effettuare le operazioni di commissionamento) è superiore rispetto alla strategia sort-while-pick (SWP dividere gli ordini già in fase di picking). Questo significa che lo sforzo per smistare le unità mentre si sta eseguendo il picking è superiore rispetto alla doppia movimentazione necessaria per completare il processo di prelievo.

Un altro problema del batching sta nell'ordine di precedenza delle unità selezionate. I vincoli possono derivare da aspetti di peso e stabilità sul carrello di prelievo affidati al picker o per le diverse forme dei prodotti. Dando le giuste precedenze al picker, definite da algoritmi, si riescono ad ottenere dei grandi risparmi in termini di distanze percorse. I cambiamenti si possono ottenere senza applicare nessuna modifica al layout del magazzino. Negli esempi proposti nell'articolo di Matusiak, de Koster, Kroon e Saarinen (2014) si registrano delle riduzioni di circa il 15% rispetto alle politiche classiche di routing.

È importante anche che il carico di lavoro tra le zone sia equo, se gli ordini parziali vengono completati in tempi simili questi possono avanzare assieme nell'area di consolidamento. Se così non fosse l'area finale di lavoro potrebbe avere dei ritardi in attesa degli ordini che devono ancora essere gestiti.

Wave e waveless picking

Il wave picking è il tradizionale approccio per coordinare il flusso di lavoro attraverso il magazzino. Si prenda in considerazione un magazzino dotato di un sistema di smistamento automatizzato (detto sorter) cioè un sistema meccanizzato utilizzato per separare e dirigere automaticamente una vasta gamma di prodotti verso la destinazione finale desiderata alla fine dell'operazione di picking. La funzione del sorter è di separare la merce in base al suo cliente finale. Il pacco viene caricato sul nastro e identificato tramite codice a barre, quando l'ordine si trova davanti all'uscita corretta viene smistato dal sistema e accompagnato fuori attraverso uno scivolo in base alle informazioni di spedizione o agli ordini di acquisto. Uno scivolo può essere occupato o da un singolo ordine o da una piccola quantità di ordini che hanno la stessa destinazione.

Nel wave picking vengono rilasciati grandi lotti di ordini in modo sequenziale, il prelievo per una data ondata può iniziare solo quando gli articoli della precedente ondata sono stati già prelevati. Allo stesso modo gli articoli di un'ondata vengono immessi nello smistatore solo quando tutti gli ordini dell'onda precedente sono già stati smistati e/o imballati. Questa politica porta a dei benefici

- La produttività del picking è alta

- Le liste di prelievo possono essere determinate per tutti i lavoratori simultaneamente
- E' difficile che si crei un blocco a valle del processo di picking in quanto gli ordini di ogni onda sono inferiori o uguali al numero di corsie di smistamento

Ci sono poi degli inconvenienti legati a questo metodo:

- Il tempo di cui ha bisogno un picker per eseguire le sue operazioni non è sempre costante, possono verificarsi infatti dei momenti di inattività, riducendo di fatto l'efficienza del processo
- In genere le grandi dimensioni delle onde aumentano la produttività della raccolta degli ordini ma generano anche un ampio buffer in quanto tra il picking e la fine della preparazione dell'ordine c'è in mezzo lo smistamento. E' un'operazione che genera delle spese, sia in termini di spazio occupato sia per le apparecchiature di trasporto ed accumulo
- Come ogni elaborazione batch le wave aggiungono una componente di tempo per completare il ciclo di preparazione dell'ordine e questo può essere un problema in ambienti dove il tempo risulta essere essenziale
- La capacità del sorter non è sfruttata bene, le corsie corrispondenti agli ordini completati non possono essere riassegnate fino alla fine della wave che sto lavorando, è un problema importante da affrontare soprattutto nei periodi di alta richiesta, questo costituisce un collo di bottiglia
- Il carico di lavoro per il personale addetto all'inscatolamento è concentrato alla fine di ogni wave. Gli scivoli del sorter non vengono utilizzati per singoli articoli ma per un insieme di articoli la maggior parte degli scivoli diventa pronta per essere imballata solo nell'ultima parte dell'onda e questo si traduce in una bassa produttività delle attività di imballaggio all'inizio della wave.

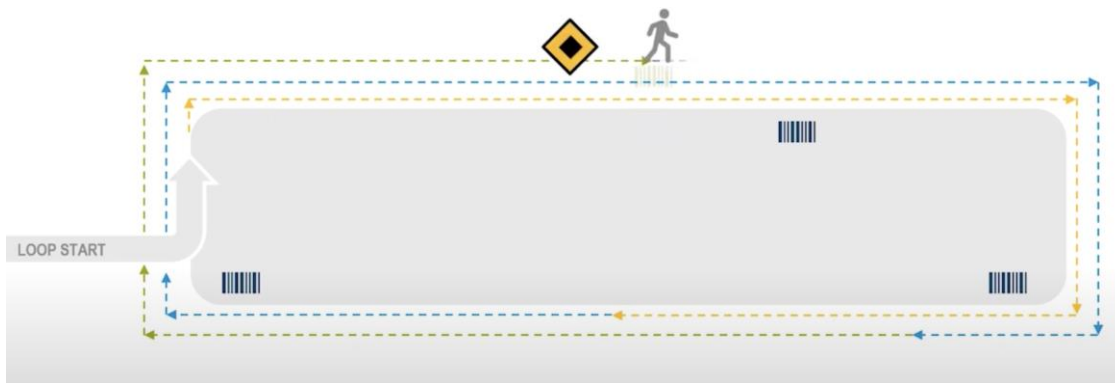
Si nota come la politica di wave picking presenti quindi delle sfide che vanno in conflitto con la necessità di efficienza dei magazzini e-commerce.



Sono quindi nate delle politiche innovative definite wave-less. Nell'alternativa con l'onda ci sono due code la prima con gli ordini dei clienti che devono ancora essere gestiti e la seconda composta dagli ordini che i picker stanno gestendo.

Nel wave-less invece c'è un continuo trasferimento dei singoli ordini dalla prima alla seconda coda, gli ordini in questo modo possono avere la propria priorità, ad esempio, in base alle politiche di spedizione previste. La seconda coda continua ad avere delle caratteristiche simili al modello precedente, infatti, si va a definire a priori la dimensione del lotto massima, quando raggiungerà il livello massimo un nuovo ordine potrà entrare solo se ne viene evaso uno. La definizione dinamica delle code del picking (aggiorna l'elenco del prelievo anche dopo l'inizio del rispettivo giro) rende il processo più bilanciato, viene continuamente valutato, per ogni picker, il tempo di completamento previsto per la coda degli ordini che ha in gestione e se questa dovesse superare la soglia limite, gli ordini verrebbero riassegnati.

Si cercano di ottimizzare anche i percorsi assegnando alla coda articoli posti vicini e successivi uno con l'altro. Si cerca di non modificare il percorso del picker ma se questo percorre sempre la stessa zona durante il picking il problema non si pone. Avendo la possibilità di elaborare dinamicamente gli ordini, il picker può prelevare nello stesso giro articoli che farebbero parte del ciclo successivo. In questo modo può prelevare più batch nello stesso giro, risparmiando tempo e percorrendo una distanza più breve. La lista di prelievo di ogni picker si aggiorna ogni volta che questo riparte dal sorter ed è composta in ogni momento da tutti gli articoli degli ordini nella coda di prelievo che si trovano tra la sua ultima posizione registrata e quella del sorter.



E' importante prendere in considerazione questo aspetto nell'ottica della gestione del picking per e-commerce in quanto l'elaborazione dinamica degli ordini cerca di soddisfare uno dei loro requisiti essenziali: riesco ad ottenere la flessibilità necessaria per elaborare rapidamente gli ordini urgenti.

Un aspetto positivo del wave-less è che la velocità con cui gli ordini diventano disponibili per l'imballaggio è più stabile perché non aumenta verso la fine dell'onda e gli ordini completati negli scivoli non devono mai attendere prima di poter essere assegnati ad un imballatore. Lo spazio di accumulo nel sorter non risulta mai essere poco in quanto c'è un'elaborazione continua degli ordini che quindi vengono gestiti con più continuità senza essere obbligati ad aspettare la fine di onda.

Implementando questa politica si ottiene che i magazzini aumentano la loro capacità di gestire gli ordini sia in termini di tempo che di spazio che in termini di lavorazione del buffer ma d'altra parte per l'implementazione di queste tecniche è necessario un ecosistema informatico all'avanguardia e molto costoso composto almeno da un WMS.

AGV

Un'alternativa per ridurre i tempi di percorrenza in un sistema picker-to-parts è supportare i picker con veicoli a guida automatica, gli AGV.



Questi trasportano le unità prelevate e accompagnano in modo autonomo i picker nel percorso lungo il magazzino. Ogni robot mobile lascia la propria stazione di imballaggio e si dirige automaticamente verso un punto di prelievo nell'area di stoccaggio e attende l'arrivo di un raccoglitore umano. Ogni picker carica le proprie unità sull'Agv e una volta completati gli ordini in corso, l'AGV torna autonomamente al deposito mentre il picker rimane nell'area di stoccaggio. Viene poi richiesto un nuovo AGV per incontrare il picker alla prima posizione di stoccaggio della lista di prelievo successiva. In questo modo i picker possono prelevare continuamente un ordine dopo l'altro senza ritorni intermedi a un deposito centrale (fixed-assignment policy). L'alternativa è che gli AGV non siano assegnati in modo fisso ad uno specifico picker nell'elaborazione dell'ordine corrente. Guidano invece verso una postazione di prelievo e aspettano fino a che il picker non carica le unità richieste e poi si muovono verso un'altra posizione dove un altro picker può eseguire il caricamento (free-floating policy).

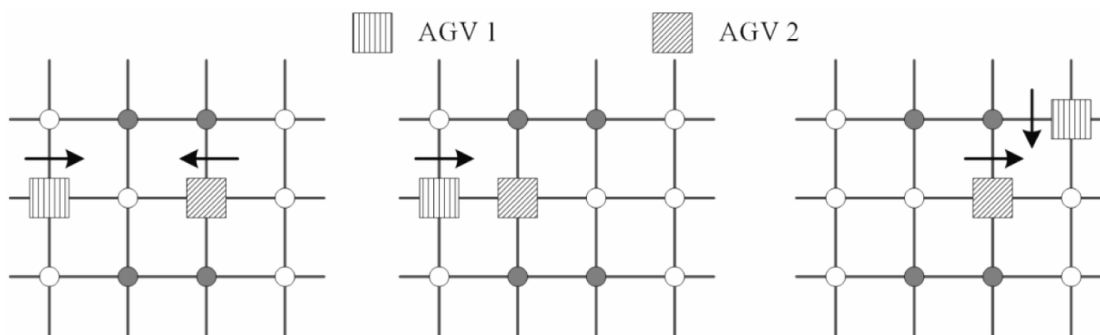
Gli AGV sono utilizzati spesso per articoli pesanti ed ingombranti come, ad esempio, elettrodomestici di grandi dimensioni ma non è vincolato a questo ambito di applicazione, bensì vengono usati molto anche per prodotti di piccole dimensioni. Gli AGV vengono utilizzati anche in presenza di magazzini a scaffali misti e anche quando si applicano le politiche di batching e zoning, hanno infatti lo scopo di liberare i picker dall'obbligo di dover percorrere un tragitto improduttivo rendendo il processo più efficiente.

Una parte importante da prendere in considerazione quando in un magazzino si decidono di implementare gli AGV è il dimensionamento interdipendente tra AGV e picker. È necessario, infatti, che nessuno dei due risulti essere un collo di bottiglia (ossia un punto

di congestione o di restrizione che riduce la capacità di un processo, limitandone il flusso o l'efficienza), se così fosse si rischierebbero dei grossi tempi di inattività che porterebbero a ridurre di molto le prestazioni dei processi.

Anche l'assegnazione dello stoccaggio è un importante punto decisionale per gli AGV. Tenzialmente con i magazzini tradizionali si utilizzano politiche di gestione che mirano a stoccare le SKU più richieste vicino al deposito. Si parla ad esempio di politiche basate su classi (o ABC) dove dividono gli oggetti in classi in base al loro turnover e le classi che vengono più movimentate tendono a stare più vicine al deposito oppure lo stoccaggio a rotazione completa. Quando si parla di AGV invece le regole tradizionali devono essere adattate, i picker non devono tornare al deposito, ma rimangono nel magazzino; quindi, gli articoli che si muovono molto dovrebbero essere posizionati in aree facilmente raggiungibili tramite corridoi.

Altro punto importante da prendere in considerazione è il percorso che gli AGV devono fare per ottimizzare il percorso e per fare in modo che non ci siano conflitti. Esistono 3 tipi di conflitti:



Il primo avviene quando due AGV si trovano uno davanti all'altro e stanno andando in direzioni opposte, il secondo si presenta quando un AGV deve passare in una posizione dove un secondo robot è fermo e il terzo invece si presenta quando due AGV incrociano i loro percorsi. Per evitare questi conflitti di volta in volta vengono assegnate le priorità. Comprendere la gestione delle priorità è essenziale: sono determinate in base al numero di AGV, agli stati di funzionamento (sono 4: AGV si reca al luogo di stoccaggio del pod da recuperare, l'AGV trasporta il pod alla stazione di lavoro, AGV trasporta il pod e torna nell'area di stoccaggio, AGV termina

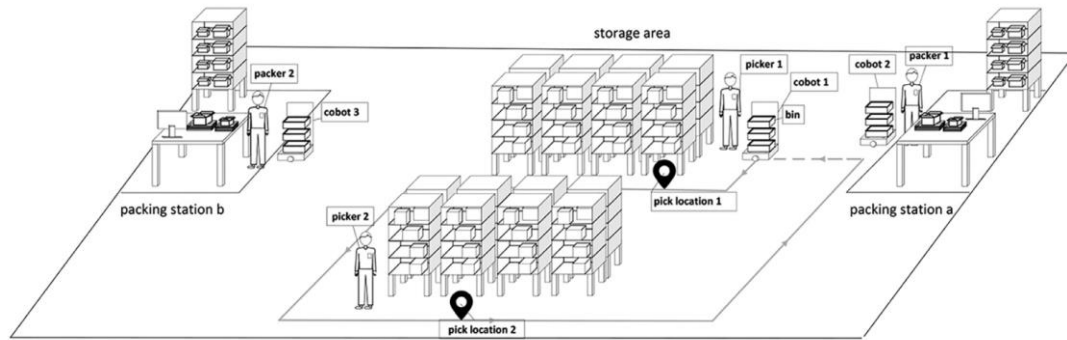
tutte le operazioni e torna nell'area di parcheggio) e alla sequenza delle attività di accettazione. La priorità viene continuamente aggiornata in tre passaggi:

- 1) Ordino la sequenza di AGV in base all'ora in cui finirà lo step precedente e assegno la priorità più alta all'AGV che finisce prima il suo compito. Se ho più di un AGV con la stessa ora di fine passo al passaggio 2, altrimenti vado al passaggio 3.
- 2) Utilizzo come indice di valutazione tutti gli attuali stati di gestione dell'AGV e assegno priorità più alta ad un AGV con un pod piuttosto che ad uno inattivo.
- 3) Determino la priorità dei restanti AGV in base al numero degli AGV. Più questo è piccolo più la priorità è alta.

Gli AGV risultano quindi ottimali per la gestione di un numero di ordini elevato, rispondendo perfettamente alle necessità dei magazzini e-commerce.

AGV + Mixed Shelves

Il concetto di stoccaggio a scaffali misti è stato applicato in molti magazzini e-commerce come Amazon e Zalando. Si può associare a questa politica di gestione del magazzino l'assistenza degli AGV per gestire sia ordini composti da poche linee si ordini multilinea. Il ruolo del picker in un magazzino di questo tipo è quello di raggiungere l'AGV nel momento in cui si ferma davanti alla postazione in cui è presente il prodotto da prelevare ed eseguire il picking degli oggetti richiesti. Il magazzino è diviso in diverse zone ed ogni picker con un numero di AGV prestabiliti esegue il picking solo su quella zona. I picker posizionano gli elementi che compongono le righe d'ordine sul robot fino a che è presente capacità di carico, quando questo è avvenuto l'AGV è pronto per tornare alla zona dove verranno completate le fasi finali dell'ordine.



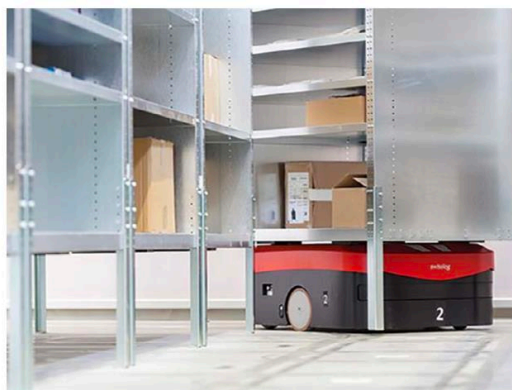
Sono da prendere in considerazione dei problemi operativi decisionali come le decisioni strategiche di layout o decisioni tattiche come la zonizzazione o l'assegnazione del deposito o ancora decisioni operative come il batching, il routing e l'assegnazione dei task. Si deve anche decidere in quale deposito verrà gestito un ordine per ridurre al minimo le distanze di guida del robot (definito cobot ossia un robot che trasporta oggetti tra l'area di stoccaggio e l'area di lavorazione, ogni cobot ha una limitata capacità di peso e appartiene ad una determinata stazione di pick) garantendo allo stesso tempo lotti bilanciati tra tutti i depositi. Si deve considerare che gli AGV si bloccano a vicenda davanti agli scaffali se hanno bisogno di eseguire il pick su elementi ravvicinati uno con l'altro anche se le corsie dei depositi danno la possibilità di far passare più di un AGV uno a fianco all'altro. Si bloccano davanti ai depositi dove deve essere effettuata la riconsegna e si influenzano reciprocamente nei livelli di inventario. Allo scopo di rendere il processo efficiente si considera come obiettivo finale quello di minimizzare le distanze in quanto considerando questo parametro ottengo il risparmio di tempo. Si deve considerare che il tempo di attesa di un AGV di un operatore umano include il tempo di viaggio del picker fino al luogo di ritiro e il tempo di attesa in coda nel caso in cui altri robot arrivano prima di quello attuale e il prelievo è terminato. Quindi per ottimizzare il percorso degli AGV in un magazzino a scaffali misti non per forza devo considerare solo la posizione di stoccaggio più vicina quindi con meno tempo di percorrenza ma anche la coda presente a quella stazione di raccolta. Potrebbe infatti essere preferibile un altro luogo di ritiro con articoli della stessa SKU ma con una distanza di guida maggiore. I magazzini che lavorano con gli AGV devono avere poi spazio sufficiente per far passare un numero adeguato di robot, almeno due o tre nella corsia. Il lotto di raccolta deve poi

essere commisurato per la capacità di carico del robot stesso. La grandezza di un batch quindi è limitata dalla capacità di carico di un robot non dal numero di ordini e contenitori.

Secondo lo studio di Xie Li e Luttmann, è possibile individuare degli algoritmi per rendere il più efficiente possibile il picking con le condizioni sopra citate. Integrando i due sistemi di AGV e mixed-shelves si ottiene un risparmio in ordine di tempo, di percorrenza e di numero di righe d'ordine prelevate (elemento più importante per i magazzini e-commerce).

Robot che movimentano scaffali

I sistemi visti fino ad ora sono i cosiddetti sistemi picker-to-parts dove il picker si sposta all'interno dell'area di stoccaggio per prelevare il materiale richiesto dagli ordini nelle varie postazioni. L'operatore si può muovere a piedi oppure a bordo di mezzi di material handling come possono essere dei carrelli elevatori. Ci sono però altre modalità di raccolta detti parts-to-picker dove le unità di carico vengono movimentato automaticamente da dei robot, che si muovono, (MRFS) verso una postazione di picking dove l'operatore effettua poi il prelievo fisico della merce. In questo caso lo stoccaggio e il prelievo sono gestiti in modo del tutto automatizzato. Questo sistema permette di ridurre in maniera drastica le percorrenze degli operatori che non si devono più occupare di arrivare fino ad un certo punto del magazzino ma devono solamente effettuare l'operazione di picking.



Gli MRFS sono in grado di raggiungere una prestazione di prelievo molto elevata, raggiungono fino alle 600 righe d'ordine all'ora per picker, rendendo questa configurazione ottimale per le necessità degli e-commerce.

Un magazzino strutturato per gli MRFS è composto di un'area di stoccaggio dove ci sono tutti i pod, un'area di picking e rifornimento attorno all'area del magazzino vero e proprio dove ci sono i picker che prelevano le unità richieste dagli ordini e riforniscono i pod, tra le stazioni e il magazzino vero e proprio è presente un'area di manovra e vicino alla stazione di picking c'è una zona di buffer, dove i pod in attesa del picking si fermano e aspettano il loro turno. Le stazioni del magazzino pod devono essere tutte accessibili e non ci può essere nessun pod che intralci il percorso degli altri, ogni pod deve avere la possibilità di spostarsi liberamente e le corsie in cui si muovono hanno un unico senso di percorrenza. Quando gli MRFS non stanno trasportando niente possono anche passare sotto al pod in modo da non intralciare il percorso di pod pieni. Per rispondere ai continui cambiamenti della domanda i pod non sono obbligati a ritornare sempre alla stessa posizione ma possono riposizionarsi continuamente. Il sistema può così smistare l'inventario automaticamente durante le operazioni di prelievo durante la giornata e adattarsi alla variazione della domanda nel breve periodo. Questo porta un vantaggio importante: i prodotti più popolari si trovano solitamente vicino ai lavoratori, anche nei periodi di fluttuazione della domanda. Sono in grado poi di riorganizzare il layout del magazzino in tempi brevi e il numero di postazioni di lavoro e le loro posizioni possono essere adattati al numero variabile di lavoratori in ogni turno. Inoltre se lo spazio risulta essere insufficiente posso modificare il layout aggiungendo più pod e più posizioni di archiviazione. Il layout con il robotic mobile fulfillment system non è mai statico ma può essere costantemente adattato e modificato per adattarsi alle mutevoli circostanze in tempi relativamente brevi.

Problemi decisionali RMFS

A livello operativo ci sono quattro fasi per l'evasione di un ordine o di righe d'ordine.

- 1) OA order assignment: l'assegnazione di un ordine di prelievo o di rifornimento alle stazioni di lavoro
- 2) TC task creation: la creazione dell'attività per un robot

- 3) TA task allocation: l'assegnazione di un'attività ai robot
- 4) PP path planning la creazione di percorsi lungo i quali di muoveranno i robot

Ci sono due tipologie di ordini di assegnazione: POA e ROA, la prima è l'assegnazione degli ordini di picking, la seconda è l'assegnazione degli ordini di rifornimento. Ogni decisione racchiude poi in sé dei sotto problemi come decidere quale pod selezionare (PS), decidere a quale stazione rimandare il pod (PSA). Per la selezione del pod ci sono poi ancora due sottocategorie: se il pod deve essere scelto per un picking (PPS) o per un rifornimento del pod stesso (RPS). Per il primo è importante tenere in considerazione i tempi di scadenza degli ordini.

L'assegnazione dei task crea un tragitto per i pod, costruendo una sequenza di task da eseguire. Queste attività in sequenza definiscono implicitamente i viaggi e servono come input per gli algoritmi di pianificazione del percorso.

Il "pile-on" è il numero medio di unità prelevate da un pod ogni volta che uno di questi si presenta davanti ad un picker ad una stazione di prelievo, è il numero di unità prelevato per visita del pod ad una stazione di prelievo. Maggiore è questo numero, minore è il numero di viaggi necessari e quindi anche il numero di robot necessari.

Regole decisionali modello di calcolo

L'obiettivo è distribuire equamente i robot nelle rispettive stazioni. Tra tutti i robot presenti alcuni eseguono il loro viaggio allo scopo di rifornire i pod altri invece sono utilizzati per le operazioni di picking vero e proprio. Nel modello analizzato due terzi dei robot sono assegnati alle operazioni di prelievo, il resto per le operazioni di rifornimento.

Le regole da definire sono per assegnazione dell'ordine di prelievo, assegnazione dell'ordine di rifornimento, selezione dei pod di prelievo, selezione dei pod di rifornimento e assegnazione dello stoccaggio del pod. Le operazioni potrebbero essere considerate come similari in quanto in entrambi i casi l'obbiettivo è di far compiere un viaggio al pod e farlo poi tornare al magazzino l'asimmetria sta nel fatto che per il rifornimento si cerca di riempire il magazzino il più velocemente possibile, per il prelievo invece cerco di svuotarlo il più velocemente possibile. Per gli ordini di prelievo

si cerca di mantenere un elevato pile-on e i viaggi devono essere brevi per evadere il maggior numero di ordini rispettando le scadenze. Per quanto riguarda invece gli ordini di rifornimento è importante tenere in considerazione questo elemento ma ci sono dei limiti relativi alla quantità di materiali che si possono inserire nelle varie postazioni di stoccaggio quindi non si tiene in considerazione unicamente i pile-on ma anche altri aspetti.

Nel modello si considera poi che la sequenza degli ordini di rifornimento non possa essere modificata. Per il rifornimento invece si può scegliere senza esclusione la consegna da eseguire con più priorità.

Regola per assegnazione ordine di pick (POA)

per ogni ordine che viene ricevuto il pod deve avere una stazione di prelievo assegnata e l'ordine deve essere scelto dal portafoglio degli ordini. Nel modello il portafoglio di ordini di prelievo è di dimensione costante quindi non appena un ordine viene evaso, viene subito inserito un altro ordine nuovo per sostituirlo. Questo porta ad avere disponibile una sola stazione di prelievo che è quella dell'ordine appena completato. Quindi non devo decidere a quale stazione assegnare un determinato ordine ma solamente a quella che si è liberata avendo appena completato un ordine. Se più ordini sono completati contemporaneamente la stazione viene scelta in modo casuale. Trovo quindi solo le regole per selezionare l'ordine di prelievo successivo dall'elenco per riempire l'unico slot disponibile in una stazione.

Regole per risolvere il problema

- 1- Regola casuale: seleziono casualmente un ordine di prelievo successivo
- 2- FCFS assegno l'ordine di prelievo ricevuto per primo, con lo scopo di mantenere bassi i tempi di elaborazione degli ordini di prelievo
- 3- Due-Time seleziono l'ordine come quello che ha la scadenza più ravvicinata, cerco quindi di completare gli ordini prima della loro scadenza
- 4- Fast-lane come per la prima regola scelgo in modo casuale il prossimo ordine da eseguire ma mantengo aperto uno slot in ogni stazione di prelievo in caso ci fossero ordini di prelievo immediatamente completabili; quindi, tutte le linee

dell'ordine di prelievo devono essere presenti nel pod successivo. Gli ordini di questo tipo vengono elaborati immediatamente dopo l'arrivo. Utilizzo questa regola se il pod che ho nella stazione contiene sia l'ordine in corso che quello successivo, nella coda degli ordini, oppure se il pod successivo contiene il successivo ordine. Nel caso in cui nessun pod abbia ancora raggiunto la stazione, prendo in considerazione il pod più vicino alla stazione in esame. Questo criterio lo posso combinare con qualsiasi altra regola decisionale, in quanto non influenza il pod che arriva alla stazione ma invece ottimizza l'avanzamento degli ordini completando ordini.

- 5- Common-Lines confronto gli ordini di prelievo attualmente assegnati ad una stazione con tutti gli ordini presenti nel backlog e seleziona quelli con il maggior numero di linee d'ordine in comune. Questo fa in modo di aumentare il pile-on sfruttando le somiglianze tra gli ordini di prelievo in coda.
- 6- Pod-Match se un ordine è composto da più righe, si sceglie il pod che ha al suo interno il maggior numero di righe d'ordine, cioè se più unità dell'ordine sono disponibili nello stesso pod la corrispondenza è maggiore e sceglierò il pod con queste caratteristiche, in questo modo con un minor numero di viaggi del pod riesco a completare un ordine.

Regole di assegnazione della stazione di rifornimento (ROA)

Per il modello si parte dal presupposto che gli ordini di rifornimento arrivino in una sequenza fissa. I criteri da utilizzare per queste decisioni sono due.

- 1- Casuale: seleziono casualmente la sezione successiva che abbia una capacità residua sufficiente per elaborare gli ordini. Questa regola può funzionare indipendentemente dalla regola di selezione del pod.
- 2- Pod-Batch: cerco un pod già selezionato per un rifornimento per assegnare un ulteriore ordine di rifornimento. Se gli ordini di rifornimento non soddisfano la capacità di elaborazione di una stazione, attendono fino a che non diventa disponibile una stazione con capacità sufficiente. Non potendo modificare la sequenza, blocco anche tutti gli ordini consecutivi.

Regole di assegnazione del pod di picking (PPS)

Quando un robot è impiegato in una stazione di lavoro è necessario selezionare un pod adatto al picking presso la stazione di prelievo. La regola decisionale si basa sul fatto che almeno un'unità possa essere prelevata dal pod. Quindi nessun pod viene portato in nessuna stazione senza che sia previsto un prelievo da questo.

- 1- Casuale: seleziono un pod che offra almeno un'unità utile per la raccolta
- 2- Nearest: seleziono il pod che ha un minor tempo di percorso stimato verso la stazione
- 3- Pile-on: seleziono il pod che offra al suo interno il maggior numero di unità per completare l'ordine. Se ci sono dei pareggi risolvo favorendo i pod con cui posso completare più ordini. Se i pareggi persistono vengono risolti in modo casuale
- 4- Demand: seleziono il pod il cui contenuto è più richiesto considerando l'attuale situazione degli ordini
- 5- Lateness: cerco di completare gli ordini di prelievo in ritardo selezionando un pod che offra le unità necessarie per soddisfare queste righe. Per un ordine il tempo di ritardo dell'ordine è sommato come frazioni delle righe aperte.
- 6- Age: cerco di terminare come prima cosa gli ordini che sono in una stazione da più tempo selezionando il pod che offra le unità necessarie per soddisfare questi ordini. Per un ordine il tempo trascorso dall'assegnazione dell'ordine viene ottenuto come somma delle frazioni dei tempi delle righe aperte.

Regole di selezione del pod di rifornimento (RPS)

Per gli ordini di rifornimento è necessario scegliere un pod che abbia una capacità di stoccaggio rimanente sufficiente. La decisione deve essere presa prima che l'ordine venga assegnato ad una stazione di rifornimento. Questa regola decisionale influenza la composizione dei pod e offre quindi molte possibilità per creare pod con diversi oggetti al loro interno. Si possono mettere assieme prodotti ordinati frequentemente assieme oppure ci possono essere pod che vengono movimentati spesso in quanto hanno prodotti che vengono comprati molto. Se assegno tutti gli ordini di rifornimento di un pod ad un'unica stazione è necessario un solo viaggio per collocare tutti gli ordini di

rifornimento sul pod riducendo quindi di molto il numero di movimenti dei robot. Possono adottare varie regole.

- 1- Casuale: seleziono un pod casualmente a patto che abbia una capacità rimanente sufficiente
- 2- Emptiest: assegno degli ordini di rifornimento al pod più vuoto e continuo a mandare ordini verso lo stesso pod fino a che non è pieno oppure fino a che non viene utilizzato in un'altra stazione
- 3- Least-Demand: assegno un ordine di rifornimento al pod che in quel momento ha a disposizione i prodotti meno richiesti. Questo pod non è utile quindi per operazioni di prelievo al momento della selezione quindi non risulta essere svantaggioso bloccare il suo tragitto per le operazioni di rifornimento.
- 4- Classe: assegna gli ordini di rifornimento a pod che appartengono alla stessa classe. Le classi sono costruite in background e viene fornita la quantità di pod per classe. Per questo modello prendiamo in esame tre classi, la prima 0,1 che possiede il 10% dei pod per le SKU che hanno frequenza più alta, la seconda 0,3 che detiene il 20% e l'ultima classe che detiene i restanti SKU cioè quelli a frequenza di prelievo più bassa. Per assegnare un ordine di rifornimento ad un certo pod scelgo il pod più vuoto tra quelli della classe in esame e viene riempito da ordini in entrata fino a che non è pieno o non ci sono più ordini di rifornimento adatti al pod o fino a che il pod non ha completato la sua visita ad una stazione di rifornimento.

Regole di assegnazione dello spazio di archiviazione dei pod (PSA)

Per ogni pod non appena hanno terminato il compito di rifornimento o picking è necessario trovare una stazione non occupata per lo stoccaggio. È un aspetto importante di questi robot in quando ho la possibilità di modificare la posizione dei pod adattandola alle necessità attuali procedendo quindi con uno smistamento continuo ed automatico.

- 1- Casuale: archiviazione libera e casuale
- 2- Fisso: ogni pod mantiene la sua posizione in maniera stabile
- 3- Nearest: i pod vengono archiviati nella posizione libera disponibile più vicina in termini di percorso stimato

- 4- Station-Based: viene stimato il percorso più breve per portare il robot da una stazione di stoccaggio ad una stazione di prelievo
- 5- Class: riporta i pod alle posizioni di archiviazione della stessa classe, dove le classi sono simili a prima ma determinate in base al percorso più breve verso una stazione di prelievo. Per una stessa classe scelgo lo spazio più vicino.

Queste sono le regole decisionali necessarie che si devono scegliere quando si implementa un sistema basato sugli MRFS.

A livello di efficienza lo studio di Merschformann, Lamballais e De Koster mostra che gli RMFS sono molto scalabili. La produttività aumenta linearmente con il numero di stazioni, con pochi robot il comportamento è simile ma si raggiunge un punto di saturazione quando ci si avvicina al rendimento massimo delle stazioni. Per rendere efficiente un sistema di questo tipo è inoltre importante la corretta scelta delle logiche decisionali per ottenere un rendimento elevato con poche risorse. Migliore è la logica di controllo, minore è l'attrezzatura necessaria al sistema che a sua volta riduce i costi totali del sistema (numero di robot, manutenzioni, supporto... ecc). È anche inutile pensare di poter rendere più efficiente il sistema solamente aumentando il numero dei pod in quanto, di conseguenza, aumenteranno anche la congestione e gli effetti di blocco, in particolare in uno scenario e-commerce dove gli ordini sono piccoli con molte SKU disponibili, questo livello verrà raggiunto prima.

IOT

Oggi nell'era digitale l'Internet of Things (IoT) rivoluziona il modo in cui le aziende gestiscono i propri magazzini. Con l'avvento delle tecnologie intelligenti la gestione del magazzino è più efficiente ed economica che mai. L'IoT si può definire come l'estensione di internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti che acquisiscono una propria identità digitale in modo da poter comunicare con altri oggetti nella rete e poter fornire servizi agli utenti.

Con questo genere di tecnologie si ha un livello senza precedenti di analisi dei dati in tempo reale. I magazzini e-commerce possono utilizzare questi dati in tempo reale per

tenere traccia dei movimenti dell'inventario, monitorare le condizioni ambientali e dare un contributo alle decisioni aziendali. Pertanto, l'implementazione dell'IoT rappresenta uno sviluppo significativo per la gestione del magazzino portando a precisione, efficienza e miglioramento delle operazioni complessive. Non solo viene fornito un metodo preciso di gestione dell'inventario, ma aumenta anche la sicurezza e riduce i costi e gli sprechi e rende i dati facilmente accessibili per scopi di analisi. I vantaggi più significativi sono:

- Gestione dell'inventario migliorata, avendo a disposizione una dose di dati molto ampia è possibile eseguire delle analisi elaborando i dati raccolti sia per singoli prodotti sia per classi sia per zone. Tutte queste informazioni possono essere utili per pianificare, migliorare e prevedere. Posso ottimizzare lo spazio e ridurre al minimo il tempo per trovare i prodotti e rendere i processi efficienti. Avendo a disposizione i dati posso creare una base solida per la gestione dell'inventario in modo appropriato.
- Monitoraggio e tracciamento in tempo reale, i movimenti sono controllati in tempo reale, ottengo monitoraggio e tracciamento costante tramite collegamento bluetooth.
- Maggiore efficienza operativa la gestione dell'inventario e del magazzino viene semplificata. Automatizzando i processi riduco al minimo i costi risparmiando tempo e migliorando le prestazioni complessive. Posso anche identificare quali sono le aree con le prestazioni più basse, riduco le spese di manodopera e aumento la produttività.
- Riduzione dei costi e sprechi. Fornisco ad esempio una manutenzione predittiva ai macchinari in questo modo rilevo i problemi prima che questi si presentino, riducendo rischi, tempi di fermo ed incidenti. Utilizzo poi le risorse in modo efficiente aumentando le entrate e riducendo le spese di gestione.
- Maggiore sicurezza e protezione, riducendo gli incidenti causati da errori umani o rischi non presi in considerazione.

Dalla letteratura un'applicazione reale dell'IoT nei magazzini dove viene progettato un sistema di stoccaggio basato su un veicolo autonomo capace di eseguire tutte le

funzioni tipiche del magazzino: riceve, immagazzina, recupera e spedisce articoli. I dati raccolti vengono archiviati in un cloud e si ottiene un magazzino flessibile, scalabile ed efficiente. Questo genere di tecnologie è molto utile per i magazzini e-commerce in quanto durante la giornata lavorativa vengono gestiti una quantità di prodotti molto importante e la manodopera sarebbe molto costosa e costretta ad eseguire lavori ripetitivi senza valore aggiunto. Per questo sono stati studiati degli AGV che aggiornano automaticamente lo stato dell'inventario in tempo reale e comunicano in modalità wireless.

Per trasmettere i dati viene usato un protocollo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ossia un protocollo ISO di messaggistica leggero utilizzato quando è richiesto un basso impatto energetico e la larghezza della banda è limitata. Si possono ricevere due tipi di messaggio che sono quelli di ricezione o di immagazzinamento dei prodotti.

Gli AGV si muovono nel magazzino seguendo una traiettoria nera disegnata sul pavimento, usano un sensore ad infrarossi e sono in grado di individuare dei punti di riferimento colorati con un sensore di colore. La linea nera passa attraverso diversi punti di riferimento che portano alla zona di input e di output e alle zone di magazzinaggio della merce. Per portare e ricevere la merce l'AGV è equipaggiato con un trasportatore motorizzato. Le stazioni di magazzinaggio sono in grado di eseguire le seguenti azioni:

- Rilasciare e ricevere oggetti
- Rilevare l'esistenza di un articolo sul trasportatore
- Rilevare la presenza di un AGV davanti alla porta



L'AGV sviluppato è dotato di trasportatore automatizzato, sistema per evitare gli ostacoli, sensore ad infrarossi per seguire la traiettoria, sensore di colore e funzionalità per la connessione al cloud. Per la navigazione la forma colorata funge da indicatore di un'intersezione che porta ad una posizione specifica mentre la traiettoria nera funge da percorso predefinito che copre il tragitto tra tutte le posizioni desiderate.

L'utilizzo di tecnologie IoT genera una vasta gamma di dati che, se non gestiti correttamente, possono trasformarsi in un accumulo di informazioni prive di valore

Utilizzando al meglio questi input è invece possibile indentificare dei KPI utili all'ottimizzazione della gestione di un magazzino e-commerce. È possibile, ad esempio, anticipare quali sono i volumi movimentati dai robot in uno specifico giorno della settimana, nell'arco del mese o anche nell'arco dell'anno in modo da prendere decisioni consapevoli riguardanti il budget o i rifornimenti. È possibile poi conoscere i picchi della domanda e quindi adottare delle politiche che tengono conto di questi dati. Se all'interno del magazzino sono contenuti prodotti che hanno bisogno di specifiche condizioni di stoccaggio i robot con un sensore sono in grado di riconoscere le condizioni del prodotto nel momento in cui viene movimentato. Così analizzando i dati offline è possibile sapere se ci sono problemi o se i sistemi lavorano correttamente

attuando quella che potremmo definire una manutenzione predittiva. I dati vengono analizzati offline e comunicati solo in caso di anomalie. L'analisi e la valutazione del rischio contribuiscono in modo significativo alla riduzione dei costi aziendali. Avendo a disposizione i movimenti dei robot si possono definire quali sono i percorsi migliori in quanto più economici.

Per l'analisi di grandi set di dati è necessario lo sviluppo di modelli analitici che diano la possibilità alle aziende di prendere decisioni effettive. Inoltre, è importante l'utilizzo di modelli analitici a sostituzione del caotico processo di raccolta di dati operativi e di reporting spontaneo verso un approccio avanzato verso la raccolta dati da varie fonti utilizzando modelli analitici mirati a specifiche aree funzionali.

I fattori principali per lo sviluppo di modelli analitici sono:

- Diffusione e disponibilità dei dati
- Velocità di elaborazione dei dati
- Sviluppo di internet
- Razionalizzazione dei dati in modelli analitici

I vantaggi nell'uso di modelli analitici sono:

- La distribuzione ottimale delle scorte nei magazzini considerando i costi e la domanda associati
- La simulazione della domanda in base a fattori chiave
- Previsione dei consumi basata sull'analisi del comportamento dei clienti

Per analizzare il sistema in modo completo è necessario conoscere le dipendenze esplicite che collegano le caratteristiche desiderate con le condizioni iniziali, i parametri e le variabili del sistema. Senza analizzare un modello specifico queste sono considerazioni che hanno significato quando si parla di situazioni poco complesse, se così non fosse sarebbe necessaria, comunque, una semplificazione dei dati per renderli più maneggevoli e pratici allo scopo di ricavarne informazioni utili. L'analisi dei dati che derivano dall'IoT per i magazzini richiede un approccio sistematico con alcune peculiarità importanti:

- 1) Raccolta dei dati: sensori RFID e scanner di codici a barre raccolgono dati relativi a vari aspetti operativi, come movimenti di inventario, condizioni ambientali e stato delle attrezzature
- 2) Aggregazione dei dati: i dati vengono aggregati in un sistema centralizzato, spesso un software di gestione del magazzino (WMS) o una piattaforma cloud dedicata che ha il compito di rendere i dati fruibili per la successiva analisi
- 3) Pulizia dei dati: prima dell'analisi vera e propria i dati vengono "puliti" ossia vengono rimossi i dati errati, corrotti, duplicati o incompleti. Si procede ad esempio con la verifica della validità dei dati, la normalizzazione facendo rientrare i dati in una gamma standardizzata e come ultimo elemento si rendono i dati anonimi per proteggere la privacy rimuovendo o codificando dati sensibili.
- 4) Analisi dei dati: i dati puliti vengono analizzati utilizzando strumenti statistici e algoritmi per identificare pattern trend e anomalie
- 5) Visualizzazione dei dati: per rendere l'analisi meno complessa e più fruibile i dati sono spesso presentati tramite dashboard e grafici che facilitano l'interpretazione e la comprensione degli stessi
- 6) Insights e azioni: possono evidenziare aree di miglioramento o colli di bottiglia operativi o opportunità di ottimizzazione del layout o della catena di approvvigionamento o ancora necessità di manutenzione predittiva
- 7) Integrazione con la pianificazione: utilizzando gli insights i manager possono integrare i risultati nelle loro decisioni strategiche ed operative per migliorare le prestazioni del magazzino
- 8) Monitoraggio continuo e iterazione: l'analisi dei dati è un processo continuo. Man mano che vengono raccolti nuovi dati il sistema si aggiorna per riflettere le ultime condizioni operative e migliorare costantemente le operazioni

Strumenti avanzati di Business Intelligence (BI) e piattaforme analitiche specifiche per l'IoT sono spesso impiegati per gestire e analizzare grandi volumi di dati. Questi sistemi possono fornire analisi predittive e prescrittive che non solo spiegano i fenomeni osservati ma suggeriscono anche azioni per anticipare e risolvere i problemi prima che influenzino le operazioni del magazzino.

L'adozione dell'Internet delle Cose (IoT) nei magazzini si sta rivelando un'innovazione trasformativa, essenziale per rispondere alle sfide del mercato moderno. Attraverso l'IoT, i magazzini diventano ecosistemi connessi e intelligenti, in grado di monitorare e ottimizzare ogni aspetto delle operazioni in tempo reale. L'efficienza operativa è notevolmente migliorata con il monitoraggio preciso delle scorte, la manutenzione predittiva e l'automazione dei processi, che riducono i tempi di inattività e i costi operativi. La precisione dell'inventario e il miglioramento della sicurezza sul lavoro sono altri vantaggi non trascurabili. Inoltre, l'integrazione di dati precisi e analisi avanzate permette ai gestori dei magazzini di prendere decisioni informate, migliorando il servizio al cliente e adattando dinamicamente le strategie di business. In conclusione, l'IoT non è più un lusso, ma una necessità per i magazzini che aspirano a rimanere competitivi, efficienti e resilienti in un'epoca guidata da dati e connettività.

CAPITOLO 4

E-commerce 3DEnergy e rinnovamento gestione delle scorte

Nell'ambito dello stage è stato implementato il sito di e-commerce dell'area aziendale 3DEnergy, l'obiettivo è stato quello di dare la possibilità ai clienti di avere un canale differente da quello tradizionale per eseguire i loro acquisti, ricavare informazioni sui prodotti ed avere a disposizione l'elenco completo dei prodotti che possono essere acquistati. È stato quindi concretizzato un sito internet. Non tutti gli utenti che si interfacciano con il l'e-commerce 3DEnergy hanno la possibilità di visualizzare i prezzi degli articoli, è necessario che l'utente esegua la registrazione e l'amministrazione fornisce quindi la possibilità di visionare prezzi, articoli, configurazioni e caratteristiche dei vari prodotti. Non a tutti i clienti che si interfacciano è riservato lo stesso prezzo, e la divisione nelle varie categorie è gestita dall'amministrazione. È stata inserita la gamma completa dei prodotti sulla piattaforma e-commerce. Con la digitalizzazione del catalogo, i clienti, hanno la possibilità di esplorare l'intero assortimento dell'azienda online beneficiando di tutte le informazioni per il prodotto.

Per facilitare l'acquisto del cliente sono stati introdotti nel sito delle configurazioni di impianti fotovoltaici già predefinite e standard. Sono presenti, infatti, alcuni casi in cui non è necessario che entri in gioco la parte tecnica dell'azienda. Alcuni impianti possono essere considerati standard e per questo è stato valutato di fondamentale importanza dare al cliente la possibilità di acquistare questi kit con estrema facilità se l'impianto in questione rientra in determinate caratteristiche comuni.

Durante l'espansione delle operazioni digitali, l'azienda ha osservato un'importante tendenza che ha avuto un impatto sostanziale sulla sua gestione operativa e strategica. Benché l'avvento dell'e-commerce abbia contribuito a un aumento delle vendite online, è stato anche evidente che, negli ultimi anni, il fatturato sia cresciuto significativamente per fattori aggiuntivi. Questo sviluppo ha reso evidente la necessità di affrontare una domanda sempre più ampia e la crescente complessità legata alla gestione delle scorte e dei rifornimenti in magazzino, in particolare deve essere più

precisa ed efficiente. Le decisioni di rifornimento dovrebbero essere basate su dati accurati e tempestivi provenienti dal sistema gestionale aziendale.

L'azienda ha rapidamente compreso che affidarsi a previsioni approssimate o a metodi tradizionali di gestione delle scorte non sarebbe più stato sufficiente per soddisfare le esigenze del mercato in continua evoluzione. L'uso efficace del sistema gestionale aziendale si è rivelato essenziale, anche senza l'integrazione diretta con l'e-commerce, per assicurare un'efficiente e puntuale distribuzione dei prodotti ai clienti online. Questo contesto ha aperto la strada a nuove sfide e opportunità, spingendo l'azienda ad esplorare soluzioni innovative per ottimizzare la gestione delle scorte e dei rifornimenti.

La gestione delle scorte è una priorità per 3DEnergy in quanto il capitale immobilizzato potrebbe essere sfruttato in maniera più vantaggiosa. L'analisi di questo dato viene fornito dall'indice di rotazione che assume un ruolo di rilievo nell'analisi delle scorte in quanto con un calcolo relativamente semplice è possibile ottenere informazioni di grande valore: quante volte, in un determinato periodo di tempo, un articolo viene venduto o rinnovato. Un alto valore di questo indice indica che le scorte vengono utilizzate frequentemente e si rinnovano rapidamente, mentre un valore basso suggerisce che le scorte rimangono in magazzino per lunghi periodi. Tuttavia, è importante tenere presente che un indice di rotazione alto indica sì una gestione efficiente delle scorte ma anche potrebbe anche indicare che le scorte di sicurezza non sono sufficienti per far fronte a fluttuazioni della domanda e quindi a garantire un servizio ottimale ininterrotto.

Dall'analisi di questo indice si possono trarre numerose informazioni, ad esempio, permette di identificare i prodotti ad alta rotazione che quindi dovrebbero essere più accessibili da parte del picker del magazzino. Inoltre, basandoci su questo indice, è possibile rivedere la pianificazione degli spazi e adottare strategie di approvvigionamento per prevenire le rotture di stock. L'analisi dei dati consente anche di collaborare con i fornitori per ottimizzare le condizioni degli ordini.

Negli ultimi anni, 3DEnergy ha visto un notevole incremento nel fatturato che ha spinto l'azienda a valutare nuove fonti di fornitura e ad espandere la propria gamma dei prodotti offerti, senza però trascurare il livello di servizio che comprende, non solo l'approvvigionamento dei prodotti, ma anche le competenze tecniche da offrire al cliente. Per le aziende di medie e piccole dimensioni, è cruciale trovare dei punti di forza che vanno oltre la semplice offerta dei prodotti. I clienti devono sentirsi supportati e guidati durante l'acquisto e il completamento dell'ordine, richiedendo soluzioni sia dal punto di vista tecnico che commerciale.

Nel contesto della mia tesi, emerge chiaramente che la gestione delle scorte in magazzino non è sempre effettuata in modo ottimale, e ciò può comportare problemi significativi sia dal punto di vista operativo e gestionale. Tali problematiche, se non affrontate con la dovuta attenzione, possono avere un impatto negativo sulla gestione degli ordini e, di conseguenza, sulla soddisfazione del cliente. Alcuni dei problemi ricorrenti che possono insorgere sono:

- Articoli obsoleti a magazzino: capita che in passato siano stati fatti degli ordini di grossi quantitativi di merce che poi non sono stati venduti in quanto le tecnologie sono state sostituite da altre più innovative. Tale situazione può ritrovare le proprie radici nella mancata analisi corretta delle previsioni di vendita o ancora nella giustificata prospettiva di vendita di alcuni articoli grazie a incentivi statali come il superbonus 110%. Quando si verifica questa situazione si traduce in un immobilizzo di capitale significativo che ostacola l'efficienza nella gestione del magazzino.
- Rotture di stock: un'altra situazione che si può presentare è la situazione di esaurimento delle scorte. Capita soprattutto per gli accessori come possono essere gli staffaggi o gli elementi per il fissaggio dei moduli fotovoltaici. Le rotture di stock influenzano negativamente il livello di servizio poiché i clienti che acquistano un kit fotovoltaico hanno bisogno di tutti gli elementi per il montaggio immediato del loro impianto. La mancanza di alcuni di questi elementi comporta un'incapacità nell'evasione degli ordini, causando ritardi nelle consegne, ritardi nei pagamenti e l'occupazione di spazio di magazzino.

Sebbene, in alcuni casi le difficoltà nell'approvvigionamento possano derivare da circostanze eccezionali, (come in occasione della pandemia del 2020 in cui alcuni materiali sono diventati irreperibili), spesso il problema sottostante è che non si è eseguita una previsione o un'analisi di magazzino adeguata che ha quindi portato ad un ritardo nel riordino degli elementi necessari. Le attività previsionali sono fondamentali, in quanto sono l'unico strumento in grado di fornire dati sulla possibile evoluzione del mercato nel futuro.

Per condurre queste analisi, è necessario dedicare una risorsa piuttosto preziosa e limitata: il tempo. Durante il mio stage, è stato cruciale sottolineare l'importanza di condurre un'analisi approfondita sulla situazione di magazzino e sulle previsioni di vendita future. Questo sforzo mirato a stimare il fatturato, i margini di profitto e ad effettuare una valutazione obbiettiva dei rischi. Le analisi in questione rientrano nell'ambito del forecasting e forniscono una solida base per prendere decisioni relative alla pianificazione della produzione, garantendo al contempo il livello di servizio che ha finora contraddistinto 3DEnergy. Le suddette attività rivestono un'importanza cruciale nella definizione dei budget aziendali e nell'ottimizzazione della produzione. Inoltre, influiscono direttamente su altri aspetti, tra cui la logistica e le politiche di prezzo che possono essere implementate con successo.

Situazione attuale

Nel corso del tempo, l'approccio di 3DEnergy alla gestione dei riassortimenti ha subito significativi cambiamenti. Inizialmente, quando l'azienda ha iniziato a commercializzare i prodotti legati agli impianti fotovoltaici, i riassortimenti venivano gestiti con tempi di attesa piuttosto prolungati per i clienti e le quantità ordinate al minimo indispensabile per soddisfare le esigenze del cliente finale.

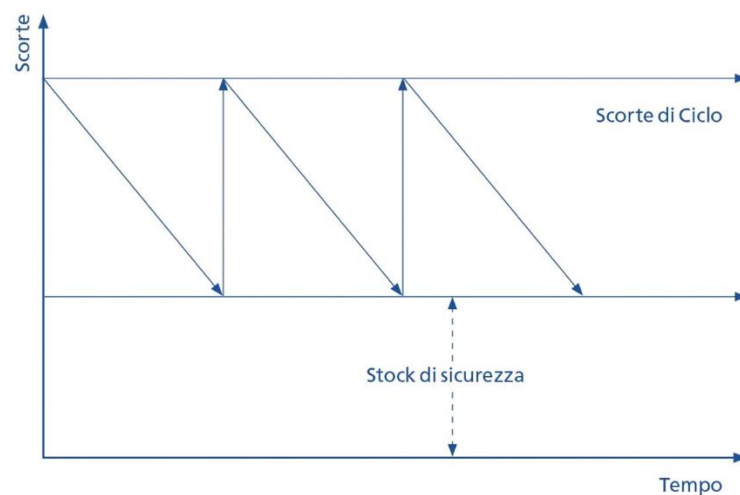
I moduli fotovoltaici inizialmente erano prodotti internamente, il che richiedeva la pianificazione non solo dell'acquisto delle materie prime necessario per l'assemblaggio, ma anche la gestione dei tempi di lavorazione degli ordini.

Successivamente si è ritenuto che la produzione interna non fosse economicamente sostenibile, portando così a una riconsiderazione della gestione dei moduli fotovoltaici, e l'azienda è diventata quindi un rivenditore di questo prodotto. Tuttavia, va notato che alcuni componenti dei kit fotovoltaici, come le staffe per le tegole, continuano ad essere prodotte in sede. Questi elementi sono essenziali durante l'installazione dell'impianto in quanto sono necessari per fissare i moduli alla struttura del tetto.

Il ciclo produttivo delle staffe inizia dalla lavorazione della lamiera di alluminio che subisce operazioni di piegatura. Per ottenere un prodotto finito pronto per lo stoccaggio.

Per quanto riguarda invece gli altri componenti dei kit fotovoltaici come inverter o elementi elettronici l'azienda 3DEnergy ha sempre fatto affidamento su fornitori esterni.

La gestione con l'uso della scorta di sicurezza è cruciale poiché offre protezione contro l'incertezza. Si può considerare come una quantità di scorte aggiuntiva oltre a quella che si prevede di vendere nel periodo considerato. Poiché la domanda fluttua, come fluttua il livello di scorte in magazzino ma avendo a disposizione delle scorte di sicurezza si assicura ai clienti un livello di servizio adeguato, oltre a questo si eliminano anche le perdite finanziarie dovute a mancate vendite. In un certo senso, le scorte di sicurezza fungono da cuscinetto contro scenari imprevisti, garantendo continuità nell'erogazione del servizio.



Per certe categorie di prodotti è relativamente agevole identificare l'approssimarsi al livello critico di scorte. Tuttavia, per altri articoli di maggiori dimensioni, come moduli e prodotti ingombranti, la valutazione non può limitarsi a un controllo visivo; essa richiede piuttosto il supporto di analisi dettagliate per garantire la corretta gestione dell'inventario.

Nell'ampia gamma di prodotti offerti dall'azienda, sono inclusi anche componenti essenziali per il fissaggio dei moduli fotovoltaici alle strutture portanti, tra cui rivetti, viti e profili, che non vengono prodotti internamente ma vengono acquistati da fornitori esterni. Questi elementi sono richiesti in quantità considerevoli, con un notevole impiego per ciascun impianto fotovoltaico venduto. Tuttavia, la gestione delle scorte di questi componenti non sempre avviene in modo adeguato.

Si verificano situazioni in cui il cliente effettua un ordine e questi prodotti non sono disponibili in magazzino. La situazione di rottura di stock è dovuta a incomprensioni con i fornitori. Sono situazioni che si verificano raramente ma quando avvengono provocano delle difficoltà nell'evasione degli ordini.

Rivetti e viti, essendo di dimensioni contenute, potrebbero beneficiare di una politica di gestione delle scorte mirata, non occupando spazio strategico all'interno del magazzino. Anche i profili (elementi utilizzati per il sostegno dei moduli sul tetto che percorrono tutta la lunghezza del modulo in fase di montaggio), nonostante la loro lunghezza, possono essere stoccati in modo efficiente sfruttando l'altezza del magazzino e posizionandoli lungo le pareti verticali.

La gestione degli inventari di questi componenti può essere paragonata a quella dei moduli solari e di alcuni tipi di inverter, con la differenza sostanziale che questi ultimi richiedono uno spazio magazzino più ampio e, di conseguenza, una pianificazione specifica per la disposizione in magazzino.

Inoltre, vi sono diverse categorie di inverter e sistemi di accumulo, alcune delle quali sono più specifiche e meno soggette a una rapida rotazione delle scorte. Allo stesso modo, alcune tipologie di componenti utilizzati per il fissaggio dei moduli solari su

strutture particolari del tetto, come le zavorre, sono gestite in maniera distinta. L'approvvigionamento di tali elementi avviene su base di ordini personalizzati, con i clienti spesso disposti ad attendere un periodo significativo. Tale attesa è giustificata dal coinvolgimento di 3DEnergy nella progettazione tecnica dell'impianto, che richiede tempi aggiuntivi per garantire soluzioni su misura.

Durante il periodo di stage, è emersa con chiarezza l'esigenza di condurre delle analisi dettagliate e approfondite relative ai budget aziendali e alle previsioni di vendita. Queste analisi si sono rivelate fondamentali per garantire che l'azienda fosse preparata al meglio, sia dal punto di vista finanziario che operativo, per gestire gli ordini nei periodi presi in considerazione.

La sfida centrale con cui ci siamo confrontati è stata quella di allineare la disponibilità dei prodotti in magazzino con le fluttuanti esigenze del mercato. Nell'attuale periodo di transizione verso fonti energetiche più sostenibili, la richiesta di prodotti che rispondano prontamente alle esigenze dei clienti è cresciuta esponenzialmente. In particolare, la necessità di ricevere materiali in tempi rapidi è diventata pressante, poiché molti clienti devono aderire a scadenze specifiche per beneficiare di incentivi statali come il superbonus del 110%. Di conseguenza, la strategia di gestione delle scorte ha dovuto evolversi per diventare più predittiva e reattiva, in modo da anticipare efficacemente la domanda senza incorrere nel rischio di accumulare scorte inutilizzate, che si tradurrebbero in un inutile immobilizzo di capitale.

Per rimanere competitivi e agili in un mercato che è tutt'altro che statico e prevedibile, e che mostra variazioni anche a causa della stagionalità dei prodotti, è stato proposto a 3DEnergy di implementare un sistema di analisi delle previsioni di vendita estremamente dettagliato per ciascun tipo di prodotto offerto. Questo sistema ha richiesto un esame minuzioso dei dati di vendita storici, delle tendenze di mercato, delle variazioni stagionali e di altre variabili significative che potrebbero influenzare la domanda. Tale approccio ha permesso all'azienda di stabilire con maggiore precisione la tempistica e la quantità di prodotti richiesti dal mercato.

Con l'adozione di questa metodologia, 3DEnergy si propone di ottimizzare la gestione del magazzino riducendo al minimo i rischi di sovrapproduzione o di scorte insufficienti. L'obiettivo è quello di garantire che i prodotti siano disponibili per i clienti esattamente quando ne hanno bisogno, senza tuttavia compromettere la salute finanziaria dell'azienda con scorte eccessive che potrebbero diventare obsolete prima di essere vendute.

La capacità di 3DEnergy di analizzare e prevedere con accuratezza la domanda di mercato sarà un fattore determinante per il suo successo nel dinamico settore dell'energia. Attraverso l'implementazione di strategie di gestione delle scorte basate su dati solidi e analisi predittive, l'azienda può aspirare a un maggiore controllo operativo, a una migliore efficienza finanziaria e a un servizio clienti di qualità superiore.

Dopo aver ottenuto previsioni di vendita accurate, diventa fondamentale calcolare con precisione i tempi di gestione degli ordini. Questo processo comporta la determinazione dei tempi necessari per acquisire i prodotti dai fornitori o per la loro produzione interna. I tempi di gestione degli ordini non sono statici; sono influenzati da una serie di fattori come la disponibilità dei fornitori, l'efficienza delle procedure di produzione interne e i tempi di consegna previsti. Questi fattori devono essere attentamente sincronizzati con le previsioni di vendita per assicurare che l'inventario sia disponibile esattamente quando e dove i clienti ne hanno bisogno, evitando così qualsiasi interruzione nella catena di fornitura che potrebbe influire negativamente sull'esperienza del cliente e sulla reputazione dell'azienda.

La gestione delle scorte di sicurezza è altrettanto cruciale in questo processo. Queste scorte aggiuntive fungono da cuscinetto contro le improvvise fluttuazioni della domanda di mercato o contro eventuali imprevisti, come ritardi nei rifornimenti o interruzioni inaspettate nella produzione. La determinazione del volume adeguato di scorte di sicurezza rappresenta una sfida complessa e delicata che richiede un'attenta valutazione dei rischi, una comprensione approfondita dei pattern di domanda e un'analisi costante delle prestazioni dei fornitori. Troppo poche scorte di sicurezza possono risultare in ritardi nell'evasione degli ordini, il che non solo potrebbe causare

insoddisfazione tra i clienti ma anche danneggiare l'immagine dell'azienda come fornitore affidabile. D'altro lato, eccessive scorte di sicurezza possono legare capitali preziosi e incrementare i costi di stoccaggio, erodendo i margini di profitto e creando inefficienze operative.

Inoltre, la gestione efficace dei tempi di evasione degli ordini e delle scorte di sicurezza è un esercizio di equilibrio e prevede un'analisi continua. È essenziale che l'azienda implementi sistemi di monitoraggio in tempo reale e di reporting che permettano di adattare rapidamente le strategie di inventario alle condizioni di mercato mutevoli. Questi sistemi devono essere supportati da una cultura aziendale che valorizzi la flessibilità, la risposta rapida ai cambiamenti e l'impegno a mantenere la continuità del servizio ai clienti.

La pianificazione di ordini e di scorte di sicurezza dovrebbe inoltre essere integrata con altre strategie operative, come il miglioramento continuo dei processi di produzione, la diversificazione della base di fornitori e la collaborazione con partner logistici per ottimizzare i tempi di consegna. Infine, la formazione e il coinvolgimento del personale in questi processi sono vitali, poiché la loro comprensione e il loro impegno nel garantire la massima efficienza operativa sono indispensabili per il successo a lungo termine dell'azienda.

Questo approccio olistico alla gestione degli ordini e delle scorte non solo migliora la soddisfazione del cliente ma sostiene anche l'agilità aziendale, permettendo all'azienda di navigare con successo nel mercato dinamico e di rispondere proattivamente alle sfide che emergono nel settore energetico in rapida evoluzione.

L'ottimizzazione delle scorte in magazzino rappresenta una priorità strategica fondamentale. Detenere un inventario eccessivo si traduce in un onere sia per lo spazio fisico che per il capitale aziendale. Questo eccesso può anche accelerare il deprezzamento dei prodotti, in quanto la merce che rimane invenduta oltre un certo lasso di tempo diventa obsoleta e perdendo così il suo valore di mercato. Al contrario, un livello troppo basso di scorte può causare interruzioni nelle consegne, risultando in

ritardi nell'evasione degli ordini e nella perdita di potenziali vendite, con ripercussioni negative sulla soddisfazione del cliente e sulle prestazioni dell'azienda.

Per garantire un sistema produttivo efficiente, è essenziale per le aziende come 3DEnergy adottare un approccio meticoloso alla gestione delle scorte. La riduzione degli sprechi legati a un surplus di inventario permette di utilizzare più saggiamente le risorse aziendali e di tagliare i costi operativi. Questa strategia include una pianificazione precisa dei cicli di produzione e di approvvigionamento, che è vitale per prevenire ritardi nelle consegne e per assicurare che le esigenze dei clienti siano soddisfatte in maniera tempestiva e efficiente.

Una gestione delle scorte ben calibrata è inoltre essenziale per fornire un servizio clienti di alta qualità. La capacità di un'azienda di processare e completare gli ordini in maniera veloce ed affidabile è fondamentale per instaurare un rapporto di fiducia con i clienti. Questo non solo rafforza la reputazione aziendale ma può anche stimolare la costruzione di relazioni a lungo termine con i clienti, che si traducono in una maggiore fedeltà e, potenzialmente, in maggiori vendite.

Nel contesto di 3DEnergy, migliorare la gestione delle scorte dei suoi prodotti principali, come i moduli fotovoltaici, gli inverter e i sistemi di accumulo, rappresenta un'opportunità notevole. Attraverso analisi di previsioni precise, un'accurata pianificazione dei tempi di gestione degli ordini e una gestione strategica delle scorte di sicurezza, l'azienda è in grado di diminuire significativamente i costi legati all'immobilizzo di capitale. In tal modo, 3DEnergy può non solo migliorare l'efficienza del proprio sistema produttivo ma anche elevare il livello del servizio offerto ai clienti.

Questa trasformazione nella gestione delle scorte è cruciale per consolidare la posizione di 3DEnergy come leader nel mercato delle energie rinnovabili. Investire in processi di gestione delle scorte più sofisticati e tecnologicamente avanzati può facilitare l'adattamento dell'azienda alle fluttuazioni del mercato e migliorare la sua capacità di competere in un settore in rapida evoluzione come quello dell'energia solare. La gestione

strategica delle scorte, pertanto, non è solo una questione di logistica interna ma un elemento chiave per la crescita sostenibile e il successo a lungo termine dell'azienda.

Metodi di gestione delle scorte

Dopo un'approfondita analisi della gestione degli inventari all'interno dell'azienda, è emerso un chiaro bisogno di migliorare l'efficienza e la precisione nel controllo delle scorte al fine di ottimizzare la gestione e le previsioni delle vendite. La complessità delle operazioni logistiche richiedeva un approccio più avanzato e strategico. Di conseguenza, è stata presa la decisione di implementare un sistema di gestione delle scorte più sofisticato, supportato da analisi dettagliate.

I prodotti del magazzino sono poi stati divisi in 4 grandi categorie:

- Moduli fotovoltaici
- Inverter, sistemi di accumulo ed accessori fotovoltaica
- Staffaggi prodotti internamente
- Staffaggi acquistati

Per ognuna delle quattro categorie è stata fatta un'analisi su qual è la migliore politica per gestire scorte e riassortimenti scegliendo in particolare tra tre possibili politiche.

- a) Gestione ad intervallo fisso
- b) Punto d'ordine
- c) Ripristino

a) Nel primo scenario, gli ordini vengono eseguiti a intervalli regolari, indipendentemente dai livelli attuali delle scorte. A intervalli di tempo prestabiliti, viene effettuato un riordino al fine di riportare le scorte al livello desiderato. È necessario stabilire l'intervallo di tempo medio di riordino. Trascorso questo intervallo di tempo viene eseguito un ordine di un quantitativo necessario per riportare la scorta disponibile ad un livello di scorta massima, che deve essere stabilito, e che consenta di coprire gli ordini si dell'intervallo di riordino che del

tempo di consegna della merce. È presente in letteratura una formula che permette di calcolare l'intervallo di tempo fra due ordini successivi. La formula è la seguente:

$$T = \sqrt{\frac{2 * c_e}{V * c_s * p}}$$

Dove c_e è il costo di emissione di una riga d'ordine, V sono le vendite medie annue, c_s è il costo percentuale annuo di conservazione e p è il prezzo unitario di acquisto dell'articolo.

È sempre inclusa nelle scorte da avere anche la scorta di sicurezza (SS). Il quantitativo del riordino varia in base all'intervallo di tempo così come le scorte di sicurezza che devono essere dimensionate sul solo errore di previsione riguardante il tempo di consegna.

Per il calcolo del valore della scorta di sicurezza è presente una formula che tiene presente il valor del coefficiente di sicurezza che si vuole ottenere e lo scostamento medio della domanda nel corso dei tempi di riordino e consegne

Questo approccio è adatto per gestire prodotti con una domanda costante e prevedibile, ma potrebbe comunque causare fluttuazioni nei livelli di scorte tra un ordine e l'altro. È inoltre un approccio utile in quanto offre la possibilità di ottenere una vera e propria pianificazione degli ordini, riducendo complessivamente il numero di ordini emessi ed ottimizzando quindi sia l'area acquisti ma anche l'area ricezione merci.

- b) La seconda politica implica che ciascun articolo venga riordinato in quantità costanti ogni volta che la disponibilità delle scorte raggiunge un livello predeterminato, noto come punto d'ordine, anch'esso costante. Il quantitativo da ordinare, definito come lotto economico, è calcolato tramite una specifica formula.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 * V * c_f}{c_s * p}}$$

Dove c_f è il costo fisso di ogni ordinazione, V la quantità da ordinare nel corso dell'anno, Q la quantità acquistata ogni volta, c_s è il costo percentuale di conservazione e p il prezzo unitario di acquisto dell'articolo.

Anche in questo approccio è bene avere a disposizione una scorta di sicurezza.

Questo approccio risulta vantaggioso per gestire prodotti con domanda imprevedibile o stagionale, offrendo una maggiore flessibilità nel mantenere i livelli di inventario ottimali, è comunque adatto per prodotti che ordino in un quantitativo piuttosto elevato.

Per questa tipologia di gestione dell'ordine si calcola il livello delle scorte di sicurezza. Il quantitativo delle scorte rappresenta il quantitativo di prodotto che serve per fronteggiare la variabilità della domanda nel lead time del fornitore. Viene determinata dalla formula:

$$SS = k * \sigma(T+t)$$

Dove k è il coefficiente di sicurezza che è direttamente proporzionale al valore del livello di servizio, mentre $\sigma(T+t)$ è lo scostamento quadratico medio della domanda nel corso dei tempi di riordino e di consegna.

Livello di servizio	Punteggio Z
90%	1.28
92%	1.75
95%	1.96
97%	2.17
99%	2.58

c) L'ultima strategia, nota come politica di ripristino, Questo metodo si basa su un concetto chiave noto come "punto di riordino" (ROP), che rappresenta il livello minimo di scorte al quale viene generato un nuovo ordine. Quando la quantità di scorte raggiunge questo punto critico, viene avviato il processo di riordino per riportare le scorte al livello desiderato.

Questo approccio è simile alla politica del punto d'ordine, ma si differenzia da quest'ultima poiché il livello minimo è stabilito senza considerare la domanda corrente. Il punto di riordino è predeterminato e può essere fissato indipendentemente dalle fluttuazioni della domanda nel tempo. L'obiettivo principale è ridurre al minimo i livelli di scorta.

Per evitare che il lotto economico copra periodi troppo lunghi, spesso viene sostituito dal lotto minimo di acquisto, che può essere imposto dal fornitore. Questa strategia è particolarmente adatta per gestire articoli con vendite molto limitate e/o estremamente irregolari ad esempio prodotti stagionali, ma che devono essere mantenuti in magazzino per garantire un servizio costante ai clienti. In questo modo viene migliorata l'efficienza operativa complessiva.

Analisi dati aziendali

Moduli

Dopo un'analisi approfondita del sistema gestionale aziendale, è emerso che la domanda relativa alla categoria di moduli non può essere considerata costante a causa delle fluttuazioni di mercato. L'avvicinarsi dell'estate suscita un aumento dell'interesse da parte dei clienti finali per l'installazione di impianti fotovoltaici, mentre durante la stagione invernale si verificano cali nelle vendite di tali articoli. Questo ciclo si ripete annualmente, ma è inappropriato considerare questo arco temporale come periodo standard per la gestione dei riassortimenti.

Nell'analisi sono stati presi in considerazione i moduli più venduti, ossia quelli con la potenza maggiormente richiesta dal mercato. Anche questo dato non è costante. I moduli si differenziano per la potenza. Sono sempre più efficienti, infatti, da quando 3DEnergy

ha iniziato la commercializzazione di questi elementi, inizialmente producendoli internamente, la potenza più comune era pari a 250 Watt per pannello. Adesso, invece i prodotti più richiesti sono quelli con potenza pari a 480 Watt per pannello. È importante che l'azienda si adatti alle richieste del mercato per rimanere competitiva e offrire sempre un prodotto all'avanguardia.

La spedizione avviene tramite container, dato che i moduli sono di dimensioni considerevoli e l'opzione di spedizione tramite camion non risulta conveniente quando si ordinano grandi quantità. Per beneficiare degli sconti quantità per la spedizione, è essenziale ordinare una quantità di moduli sufficiente a riempire il container utilizzato. Ogni ordine consiste in 860 moduli ed è effettuato con una frequenza semestrale, garantendo un costo di ordinazione irrisorio. L'ordine viene effettuato quando si raggiunge un determinato livello di scorte, noto come scorte di sicurezza, che coprirà la domanda nel periodo necessario per l'arrivo dell'ordine.

Inoltre, vi sono altri tipi di moduli con potenze meno richieste che vengono ordinati in modo non costante, in base alle esigenze specifiche dei clienti finali. Questa situazione avviene ad esempio in caso di fornitura di elementi per impianti particolari ad esempio moduli con dimensioni diverse da quelle standard necessarie.

Staffaggi prodotti in sede

Per gli elementi che vengono prodotti in casa la gestione delle scorte è affidata al personale del magazzino, con l'implementazione di un livello di scorte di sicurezza. Questi prodotti non richiedono una gestione particolare dello spazio in magazzino, sono contenuti in delle ceste facilmente accessibili al bisogno.



Inoltre, la produzione interna di tali elementi risulta essere molto vantaggiosa sia in termini economici in quanto la lavorazione viene eseguita con materiale ricavato da altre lavorazioni e consente una maggiore reattività in termini di tempistiche. Nel caso di esaurimento delle scorte, non è necessario avviare la procedura di acquisto e attendere la preparazione e la consegna dei prodotti da parte di un fornitore esterno. È sufficiente informare l'addetto al magazzino nel momento in cui arriva ad un livello vicino alla scorta di sicurezza che prontamente provvederà a preparare la merce mancante.

Staffaggi acquistati esternamente

Il lavoro più importante è stato eseguito nella gestione delle scorte degli elementi relativi agli staffaggi acquistati dall'esterno. Questa categoria di prodotti comprende accessori come viteria, cursori e profili, tutti elementi necessari per il fissaggio dei moduli. Sono stati analizzati i consumi di ogni elemento appartenente a questa categoria e sono stati stabiliti dei livelli di riordino. Si è deciso che anche per questa tipologia di prodotto la migliore politica da utilizzare per la gestione di scorte e riassortimenti fosse quella del punto d'ordine.

Si porta come esempio il caso dei profili per la lamiera grecata, si tratta di profili di alluminio con una particolare forma utilizzati come sostegno ai moduli in fase di installazione. Per il montaggio dei moduli sui tetti sono necessari un numero importante di profili, sono quindi elementi che hanno un grosso smercio e di cui 3DEnergy deve avere sempre sotto controllo la quantità presente a magazzino.

Si è preso in considerazione il lead time di approvvigionamento, la media è pari a 15 giorni lavorativi. Il periodo massimo è stato di tre mesi, tuttavia si è verificato in circostanze speciali durante il conflitto Russo-Ucraino, quando la disponibilità di elementi in alluminio era particolarmente difficile da ottenere. Solitamente il lead time massimo è di un mese e mezzo. Il livello di servizio è stato imposto al 95%, quindi dalle tabelle è stato ricavato che il fattore z è pari a 1,96. Il fattore z è un termine che rappresenta il numero di deviazioni standard di un punto rispetto alla media. Il punteggio

z si ricava in una tabella di distribuzione normale standard. La domanda media del prodotto è di circa 80 pezzi alla settimana.

3DEnergy ha la possibilità di immagazzinare un grosso quantitativo di questi elementi quindi per poter usufruire di sconti quantità si ragiona con la tecnica del lotto economico. L'acquisto più conveniente è pari a 2000 chili di materiale. Ogni profilo pesa 820 grammi, quindi da un semplice calcolo si ricava che ogni ordine è composto da 2400 barre circa. Questo equivale ad un ordine con cadenza semestrale.

Da questi dati si è giunti al calcolo che la scorta di sicurezza è pari a 300 pezzi.

La stessa procedura è stata eseguita per tutti gli articoli relativi a questa categoria, alcuni elementi non hanno la stessa peculiarità dei profili, non possono essere immagazzinati in grossi quantitativi; quindi, la scorta di sicurezza è stata imposta ad un livello più basso e quindi l'ordine viene eseguito con una frequenza maggiore. In questo caso si devono tenere in considerazione anche i costi dell'ordinare e dello stoccaggio. Questi sono tutti dati da tenere in considerazione per assicurare il livello di servizio adeguato al cliente finale.

Batterie ed inverter

La categoria di prodotti recentemente esaminata comprende batterie ed inverter, i quali sono caratterizzati da una considerevole variabilità nei prezzi. Di conseguenza, la gestione degli stock in magazzino è attuata solo in caso di rilevanti sconti quantità. La dinamica del mercato implica frequenti mutamenti nei prodotti, che si traducono spesso in una marcata diminuzione dei prezzi tra un acquisto e il successivo. Di conseguenza, non si ritiene economicamente vantaggioso formulare previsioni specifiche per questa categoria di prodotti. È importante notare che, a partire dal periodo del superbonus del 110%, si è riscontrata una significativa riduzione nei prezzi di tali articoli.

A differenza dei moduli o degli staffaggi, i quali presentano una gamma di prodotti ampia ma non eccessivamente diversificata, questa tipologia di prodotto è caratterizzata da numerose variabili distintive. Non essendo un prodotto modulabile, ma piuttosto un articolo acquistato e rivenduto come prodotto finito, la decisione di adottare una politica di riordino a prodotto singolo è stata presa considerando anche i tempi brevi di consegna

da parte dei fornitori. Si preferisce effettuare un numero di ordini superiore, piuttosto che accumulare prodotti in magazzino, il che comporterebbe un immobilizzo di capitale senza conseguire ricavi significativi, specialmente se acquistati a un prezzo poco competitivo rispetto al mercato attuale.

Utilizzo del gestionale

Come detto precedentemente l'azienda non dispone di un gestionale che dia possibilità di estrapolare una quantità di dati importante, ma d'altra parte per la revisione del sistema di gestione delle scorte i dati forniti da questo gestionale sono in una quantità sufficiente per gestire al meglio scorte e pianificazione per i volumi aziendali della 3DEnergy. Dal gestionale si possono infatti ricavare informazioni riguardo alle quantità in giacenza, le quantità impegnate e quelle disponibili. La prime sono la somma di quantità impegnata e quantità disponibile, le seconde sono gli articoli che sono già stati destinati ad un ordine ma sono ancora presenti in magazzino ciò che ancora non sono stati consegnati al cliente, ma in attesa della spedizione o del ritiro dell'ordine da parte del cliente. L'ultima invece sono gli articoli presenti a magazzino che possono essere venduti.

Stato (?)	Regolare
Q.tà in giacenza (2239 - 1911)	328
Q.tà impegnata	216
Q.tà disponibile	112
Q.tà in arrivo	0
Vendita media mensile	186,14
Stima fine scorte (?)	03/12/2023
Stima prossimo ordine	01/12/2023
Primo carico	11/01/2023
Ultimo carico	27/10/2023
Ultimo scarico	13/11/2023
Costo medio	
Ultimo costo	
Prezzo medio vendita	€ 19,16

Oltre a queste informazioni, per ogni singolo prodotto è possibile vedere le quantità di vendita mensile media, le previsioni di esaurimento delle scorte e il consiglio sulla data del successivo ordine calcolato in base alle previsioni di vendita mensili. Inoltre, ricavo informazioni anche sulle date di carico e scarico a magazzino.

Al fine di garantire l'aderenza dei dati presenti nel sistema gestionale a quanto effettivamente disponibile in magazzino, si procede a un confronto e, se necessario, a una rettifica dei dati ogni due settimane. Dal gestionale è possibile eseguire il carico della merce a magazzino nel momento della ricezione dell'ordine del fornitore, inserendo i dati necessari come il codice del prodotto, del fornitore e la data in cui si esegue questa operazione.

Danea Easyfatt

Carico magazzino
Inserimento movimento per entrata merce in magazzino

Provenienza merce [] Data operazione 15/11/2023

Codice 001 Cod. prod. fornitore [] Prodotto Profilo Longherone H24 per lamiera Q.tà [] Costo unitario []

Causale []

Aggiorna anche il prezzo fornitore

OK Etichette Annulla ?

Con la medesima periodicità, si verifica direttamente nel sistema gestionale che le quantità dei prodotti disponibili in magazzino non siano inferiori alla soglia di scorta di sicurezza predefinita per ciascun articolo. Questa è un'operazione che deve essere eseguita manualmente dall'addetto che tiene sotto controllo le giacenze. Se i livelli di scorte dovessero essere inferiori alla soglia limite, l'amministrazione viene prontamente avvisata e viene avviato l'ordine per ristabilire i livelli adeguati delle scorte.

Danea Easyfatt

Rettifica giacenza magazzino
Inserimento movimento per aggiustamento della quantità in giacenza

Provenienza merce [] Data operazione 15/11/2023

Codice 001 Cod. prod. fornitore [] Prodotto Profilo Longherone I Giac. 328 Nuova giac. 528

Causale Rettifica giacenza

OK Etichette Annulla ?

Per continuare a mantenere sotto controllo il livello delle scorte e le politiche di gestione dell'ordine è necessario che il gestionale sia costantemente aggiornato, è necessario

disporre di date ed informazioni sui flussi in entrata e in uscita dal magazzino, sulla quantità di merce movimentata ed inoltre nella prospettiva di un ulteriore aumento delle vendite grazie all'utilizzo dell'e-commerce sarebbe utile condurre analisi approfondite sulle abitudini di acquisto dei clienti per capire su quali prodotti può essere interessante puntare.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha rappresentato un'opportunità di studio e analisi altamente stimolante. L'introduzione e l'implementazione dell'e-commerce hanno rivoluzionato il processo di acquisizione degli ordini dei clienti, offrendo un approccio innovativo e moderno. L'approfondita esplorazione dei diversi sistemi di magazzino nel contesto dell'e-commerce ha permesso di identificare e comprendere le sfide più rilevanti che si presentano nella gestione di magazzini online.

Attraverso un'esauriente fase di analisi dati, il lavoro si è concentrato sulla convergenza della gestione delle scorte con le esigenze specifiche dell'azienda. Questa fase operativa ha coinvolto l'elaborazione e l'interpretazione dei dati raccolti, con l'obiettivo di allineare in modo ottimale la gestione delle scorte alle dinamiche aziendali. L'approccio sistematico e analitico adottato in questo studio ha fornito un quadro completo delle sfide e delle opportunità nel contesto della gestione delle scorte nell'ambito aziendale.

In conclusione, questo lavoro di tesi non solo ha consentito di implementare con successo nuove soluzioni nell'e-commerce, ma ha anche contribuito a delineare un approccio strategico e analitico per gestire le sfide inerenti alla gestione delle scorte. La ricerca svolta fornisce una base solida per futuri sviluppi e ottimizzazioni nell'ambito della logistica e del magazzino nel contesto dell'e-commerce.

In virtù della natura dinamica e aperta al cambiamento di 3DEnergy, l'azienda ha considerato con interesse l'idea di implementare un sistema gestionale avanzato. Tale sistema dovrebbe offrire la capacità di fornire automaticamente i dati aziendali necessari per le analisi in modo efficiente ed efficace. Questa prospettiva riflette l'orientamento strategico di 3DEnergy verso l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative, al fine di migliorare ulteriormente l'efficienza operativa e la precisione nell'analisi dei dati.

BIBLIOGRAFIA

Zhang X., Shi X., Pan W., (2022) *Big data logistics service supply chain innovation model based on artificial intelligence and blockchain*, in Business College

Purcell B., (2012) *Emergence of “Big Data” technology and analytics* in Journal of Technology Research

Shu S., Xing T., (2021) *Application of AI in Modern Logistics Systems*, in 11th International Conference of Information Technology in Medicine and Education (ITME) DOI: 10.1109/ITME53901.2021.00015

Moldagulova A., Satybaldiyeva R.(2020), *Application of Big Data in Logistics*, in Conference Paper, DOI: 10.1145/3410352.3410785

Schiffer M., Boysen N., Kleis P., Laporte G., Pavone M., (2022) *Optimal Picking Policies in E-Commerce Warehouses* in Management Science, 1-21

Xie L., Li H., Luttmann L., (2022) *Formulating and solving integrated order batching and routing in multi-depot AGV-assisted mixed shelves warehouses*, in European Journal of Operational Research

Zhen L., Tan Z., de Koster R., Wang S., (2023) *Hot to Deploy Robotic Mobile Fulfillment Systems* in Transportation Science, 1-25

Pingale M. S., Kulkarni H., (2019) *Design and Development of Automated Storage and Retrieval System (ASRS) for Warehouse Using IOT and Wireless Communications*, in International journal of scientific & technology research volume 8

Lamballais T., Roy D., de Koster M., (2016) *Estimating Performance in a Robotic Mobile Fulfillment System* in European Journal of Operational Research

Merschformann M., Lamballais T., de Koster M., (2019) Suhl L. *Decision rules for robotic mobile fulfillment systems* in Operations Research Perspectives

Lu J., Ren C., Shao Y., Zhu J., Lu X., (2023) *An automated guided vehicle conflict-free scheduling approach considering assignment rules in a robotic mobile fulfillment system*, in Computers & Industrial Engineering

De Koster R., Automated and robotic warehouses: developments and research opportunities, DOI: 10.26411/83-1734-2015-2-38-4-18

Matusiak M., de Koster R., Kroon L., Saarnene J., (2013) *A fast simulated annealing method for batching precedence-constrained customer orders in a warehouse*, in European Journal of Operational Research

Van Nieuwenhuysse I., de Koster R., (2009) *Evaluating order throughput time in 2-block warehouses with time window batching*, in Int J. Production Economics

De Koster R., Le Duc T., Zaepour N., (2012) *Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system*, in International Journal of Production Research, DOI:10.1080/00207543.2010.543941

Peterson J., Serjantov A., (2000) *Parallel functional reactive programming*, in Lecture Notes in Computer Science, DOI: 10.1007/3-540-46584-7_2

Parikh P., Meller R., (2007) *Selection between batch and zone order picking strategies in a distribution center*, in Transportation research part

Gallien J., Weber T., (2008) *To wave or not to wave? Order release policies for warehouses with an automated sorter*, in MIT Sloan School Working Paper 4714-08

Boysen N., Stephan K., (2016) *A survey on single crane scheduling in automated storage/retrieval system*, in European Journal of Operational Research

Yu M., de Koster R., (2008) *The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance*, in European Journal of Operational Research

Bukhamseen A., Alabdullah M., Gaufan K., Mysorewala M., (2023) *A warehouse storage and retrieval system using IoT and autonomous vehicle*, in 2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications

Boysen N., de Koster R., Weidinger F., (2018) *Warehousing in the e-commerce era: A survey*, in European Journal of operational research

Gu J., Goetschalckx M., McGinnis L., (2009) *Research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review*, in European Journal of Operational Research

Zhang N., Yan j., Guo L., (2018) *Development of e-commerce and innovation of rural small and medium enterprises*, in Academic Journal of Business & Management Vol.5 76-81, DOI:10.25236