POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laure Magistrale in Ingegneria Gestionale - Logistica

Tesi di Laurea Magistrale

"Sviluppo di un modello di calcolo per la gestione dei materiali mediante il DDMRP (Demand Driven Material Requirement Planning)"

Relatore:

Prof. Rafele Carlo

Candidato:

Gazzera Thomas

Anno Accademico 2021 – 2022

Indice:

Sommario

Titolo 3

Motivazione 3

Scopo elaborato 4

Obiettivi 4

Piano sviluppo lavoro: 4

Introduzione 6

POST PANDEMIA 8

Storia MRP 9

- Bill of material **(BOM)** 9
- Source list per assegnazione Codice prodotto – Fornitore 12
- Lead time di approvvigionamento aggiornati 12

Esempio JIB braccio gru RT550 12

MANITOWOC 15

POTAIN 17

GROVE 18

SUPPLY CHAIN MANITOWOC 18

IMPORTANZA POSIZIONE NEL MERCATO 22

PREVISIONE 23

Effetto BULLWHIP 26

DDMRP 29

Vantaggi del DDMRP 31

Esempio concreto applicazione DDMRP in una catena logistica 32

Modello DDMRP 33

Assunzioni 37

Analisi distinta base 37

Calcolo AWU (Average Weekly Unit) 40

Decoupling Lead Time 42

Buffer di disaccoppiamento 43

File “Buffer” 45

Green Zone 45

Yellow Zone 46

Red Zone 46

File “Arrivi” 48

File “Sales Order” 49
File “Dati” 50
File “DDMRP” 52
Es. Foglio Excel DDMRP_Week 31 55
Andamento DDMRP 56
CONFRONTO MRP – DDMRP 57
Grafici confronto stock MRP - DDMRP 60
Criticità nell’applicazione del modello 68
Conclusioni 70
Sitografia 73
Bibliografia 73
Indice delle figure 74
Indice delle tabelle 76

Titolo

Sviluppo di un modello di calcolo per la gestione dei materiali mediante il DDMRP ed applicazione ad un contesto reale aziendale.

Motivazione

Considerevoli margini di miglioramento, continua evoluzione tecnologica ed ampie possibilità di gestione diversa di una qualsiasi *supply chain* sono alcuni dei tanti fattori che mi inducono a svolgere il presente lavoro di tesi con il massimo dell'entusiasmo.

Con la speranza che tutto ciò possa manifestarsi in un qualcosa di concreto e possa generare benefici col tempo all'azienda. Sarebbe un passo importante per una qualsiasi azienda in cui il *continuous improvement* rappresenta una delle mission più importanti ed uno dei punti cardine su cui focalizza maggiormente le proprie attenzioni.

Inoltre, le prime esperienze professionali nel settore hanno evidenziato analogie e differenze tra la teoria acquisita durante questi anni di studio e la pratica che governa le azioni quotidiane del mondo produttivo.

Per quanto alcune teorie siano evidentemente migliori e più efficienti di altre, spesso vi sono vincoli interni od esterni che impediscono una corretta applicazione ed impediscono alle realtà aziendali di poter evolvere e compiere miglioramenti.

La difficoltà nell'applicare un modello studiato e nato per un contesto aziendale prevalentemente *automotive* (notevolmente differente da quello in cui verrà sviluppato l'intero lavoro) è elemento di grande stimolo e curiosità per i risultati che potranno essere ottenuti.

Ciò richiederà una maggiore attenzione sui codici da analizzare, consapevole che causerà inevitabilmente alcune difficoltà, specie in fase iniziale, ma fermamente convinto possa consegnare risultati davvero interessanti e possa ampliare gli orizzonti di questo modello rendendolo maggiormente utilizzato dalle realtà produttive di settori diversi.

Scopo elaborato

Conoscere a fondo le dinamiche del DDMRP e saperle applicare ad un contesto reale, individuare benefici ed eventuali criticità riscontrate nell'applicazione.

Obiettivi

Obiettivo	Metodo / Strumento
Conoscere logica funzionamento DDMRP	Studio dei principi teorici del modello
Applicare il modello ad un contesto diverso da quello ideale e valutare fattibilità	Realizzazione del modello Excel
Valutare benefici/difetti del modello DDMRP	Confronto ed analisi dei risultati ottenuti dalla simulazione

Tabella 1: Correlazione obiettivi - metodo del lavoro

Piano sviluppo lavoro:

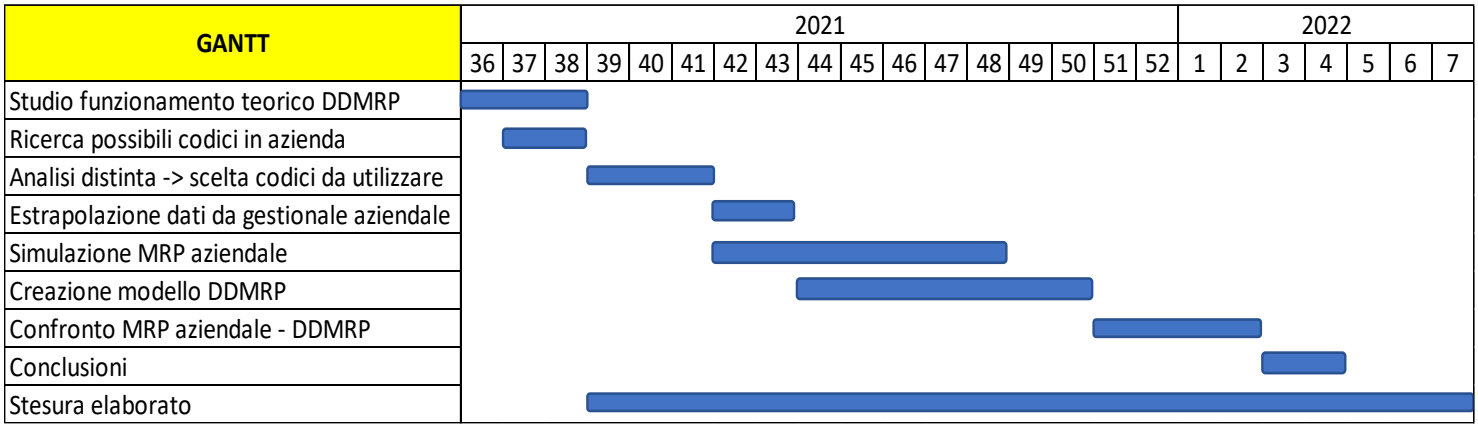


Figura 1: Gantt chart

1. **Studio funzionamento teorico DDMRP**: Conoscere a fondo il funzionamento del modello e tutte le informazioni che necessita per un corretto svolgimento;

2. **Ricerca possibili codici in azienda**: Raccolta di potenziali codici da utilizzare per l'intero modello, fase molto importante in quanto da questa scelta dipenderà l'intera simulazione. Di fondamentale importanza le competenze acquisite in questi anni di studio ed il consiglio e supporto di colleghi con

esperienza e profonda conoscenza dei consumi e complessità della distinta base dei codici a disposizione;

3. **Analisi distinta base**: studio delle varie distinte base a propria disposizione, i fattori su cui saranno valutati i codici candidati sono:

   - *Complessità distinta base* (numero sottocomponenti, provenienza e numero fornitori diversi, MOQ e LT in linea con i parametri e le tempistiche della simulazione);
   - *Valore economico*;
   - *Consumo annuale*;

4. **Estrapolazione dati da sistema gestionale**: Fase in cui saranno estrapolati dal gestionale aziendale tutti i *dati* necessari al corretto funzionamento del modello;

5. **Simulazione MRP aziendale**: applicazione dei dati estrapolati e rappresentazione andamento *ordini* e livello di *stock* dei codici analizzati;

6. **Creazione modello DDMRP:** fase operativa dell'intero lavoro svolto, sono applicate le regole del DDMRP ai dati a propria disposizione;

7. **Confronto MRP aziendale – DDMRP**: fase analitica in cui sono raccolti i frutti del lavoro svolto e sono analizzate le differenze tra le due simulazioni;

8. **Conclusioni**: sottolineare benefici ed eventuali criticità riscontrate nell'applicazione del modello.

Introduzione

Stiamo vivendo uno dei periodi più problematici ed impegnativi per tutti coloro che si occupano della gestione della *supply chain* ed in particolare per quanto concerne l'ambito del *procurement*.
Il ritardo negli approvvigionamenti, concetto fino ad ora considerato come negativo, ora è quasi diventato una speranza.
L'effetto della pandemia visibile e manifesto nel blocco del mercato industriale durato mesi, ha comportato in particolare il fermo delle importazioni provenienti dal continente asiatico ed ha causato serie conseguenze e problematiche fino ad ora mai affrontate.
Ciò che ogni azienda, sia essa attiva nel settore manifatturiero/produttivo, logistica, o di distribuzione lamenta non è infatti solamente un aumento dei costi dei trasporti, delle materie prime o del prezzo di acquisto, ma soprattutto la carenza di materie prime.
Il picco positivo in termini di volume e costi dei magazzini nei mesi post pandemia ha sicuramente attirato l'attenzione dei professionisti del settore quali manager e dirigenti aziendali.
Un'accurata gestione degli approvvigionamenti nel periodo precedente a questo blocco ha facilitato la ripartenza e la ripresa della normale attività lavorativa.

Rivolgendo uno sguardo al passato, consultando articoli relativi all'evoluzione della *supply chain* degli ultimi 50 anni è facilmente osservabile l'impatto che quest'ultima ha avuto ed ha tutt'ora sull'evoluzione/riuscita delle aziende e su come essa sia il riflesso del *modus operandi* della nostra società e sia il prodotto di una certa cultura capitalista.
Questo studio ha evidenziato come negli anni '60 vi fosse un rapporto direttamente proporzionale tra il numero e le dimensioni dei magazzini e la grandezza, la potenza ed il prestigio di un'azienda.
La cultura dei grandi numeri, la bassa differenziazione dei prodotti e la loro alta standardizzazione hanno portato le aziende ad indirizzarsi verso un'economia di scala, nonché la produzione più ampia possibile e l'aumento di lotti d'acquisto per ottenere sconti quantità.
L'evoluzione tecnologica ed il benessere generato dagli anni post-guerra hanno migliorato inconfutabilmente il tenore e lo stile di vita umano.
La produzione ha iniziato a differenziarsi sempre più in risposta alle nuove ed aumentate esigenze dei consumatori, con una conseguente revisione delle logiche di produzione ed il passaggio da un puro *push* a sistemi puramente *pull* o ibridi.

La gestione della catena di fornitura o *supply chain management* è uno dei temi più rilevanti e vasti in ambito gestionale. All'interno di questa definizione sono comprese molteplici questioni e problematiche della logistica.
L'aspetto che risulta maggiormente difficile da gestire ed organizzare in questo ambito risulta essere la varietà di situazioni che giornalmente si devono affrontare.

Come molte altre innovazioni scientifiche, la logistica, come la intendiamo oggi, nacque in ambito militare durante la Seconda guerra mondiale, ma non era un concetto nuovo; infatti, lo stesso Napoleone Bonaparte viene considerato tra i luminari *ante litteram* della disciplina, egli aveva ideato un diverso ed efficiente sistema di approvvigionamento per le proprie truppe.
L'approvvigionamento di risorse quali cibo, acqua, proiettili ed armi da fuoco ebbe sin da subito un ruolo di fondamentale importanza ed un fattore decisivo per le numerose battaglie che ci si trovava ad affrontare. L'obiettivo era, infatti, poter mettere nelle migliori condizioni possibili ciascun soldato per ottenere la massima efficienza delle risorse a disposizione.

Solamente nel dopo guerra il concetto di logistica ha iniziato ad estendersi in altri campi quali il mercato produttivo ed il mondo dell'industria.
Inizialmente l'attenzione era rivolta prevalentemente alla gestione dei grandi magazzini ed ai trasporti che, date le minor risorse e servizi di oggi, avevano un forte impatto sui costi di tutte le più grandi aziende.
Oggi il termine è arrivato direttamente alla linea produttiva ed alla singola stazione di lavoro, è impensabile pensare di pianificare la produzione senza interagire direttamente con la logistica, le due funzioni saranno destinate ad unirsi sempre più nel prossimo futuro.

Una prima macro-distinzione all'interno della nozione del concetto di logistica è la seguente:

- Logistica ***interna****:* essa riguarda la gestione interna dei flussi informatici e/o materiali per una ottimale organizzazione della produzione, dei servizi offerti al cliente e la programmazione e controllo della produzione;

- Logistica ***esterna***: legata alla distribuzione ed ai trasporti esterni all'azienda.

L’obiettivo comune di qualsiasi azienda può essere riassunto nella necessità di produrre il prodotto più personalizzato possibile per il cliente al minor costo possibile.
A complicare ulteriormente il tutto sono intervenute diverse tendenze quali: la globalizzazione, le facilitate modalità di trasporto, la concentrazione dei siti produttivi in grandi impianti, l’emergere di internet e del commercio elettronico.
Ora la condivisione delle informazioni con i propri fornitori è più veloce, fluida ed immediata.

POST PANDEMIA

Le numerose incertezze legate alla *supply chain* globale stanno indirizzando i manager e le aziende ad un graduale allontanamento dai paesi meno sviluppati, a beneficio di aree che permettono un maggiore controllo e quindi una maggiore sicurezza.
Il commercio internazionale fortemente colpito da questo blocco delle materie prime sta portando ad un abbandono, da parte delle grandi aziende leader dei settori industriali manufatturieri dei partner d’oltremare a causa dei notevoli aumenti dei costi legati alla manodopera e la relativa inaffidabilità nelle consegne degli ordini di approvvigionamento.
Un primo effetto è un progressivo avvicinamento dei vari impianti di produzione alle sedi principali, ciò comporta anche una delocalizzazione ed una riorganizzazione delle distanze che intercorrono tra gli impianti ed i vari fornitori.
Questa però non è la strategia adottata da tutti, molti infatti stanno attuando politiche differenti volte all’acquisizione e all’accorpamento dei propri fornitori, in questo modo l’azienda diventa sempre più emancipata ed indipendente.
Altre aziende attuano invece politiche controcorrenti rispetto ai trend degli ultimi anni e delle ultime generazioni. La dirigenza di molte realtà multinazionali ha infatti optato, a partire dal secondo dopoguerra, verso una localizzazione dei propri impianti di produzione in luoghi lontani, esternalizzando i lavori poco qualificati e facendo invece affidamento sulla produzione *just in time* e sul trasporto oceanico per abbattere i costi.

La mancanza di materie prime, le difficoltà legate all’assunzione di forza-lavoro qualificata, i disagi nella prenotazione di container per trasporti di lunga distanza ed i costi elevati stanno fortemente penalizzando qualsiasi tipo di filiera, con ricadute serie sulle disponibilità e la qualità di qualsiasi bene e/o servizio.

La Sig.ra Kullman (docente universitaria e consigliere di amministrazione di Goldman Sachs e Dell Technologies) ha detto che alcuni suoi clienti operanti nel settore automobilistico, medico e dei beni durevoli di consumo e proprietari di industrie che possiedono impianti di produzione in Europa ed Asia vogliono sempre più una presenza nelle Americhe.

Queste le sue parole rilasciate in una recente intervista (Novembre 2021):

> "Si stanno rendendo conto che in questo momento stanno perdendo affari perché sono bloccati da una catena di approvvigionamento molto lunga, molto efficiente, ma molto poco flessibile. Alcuni capi azienda stanno dicendo, Guarda, quello di cui ho bisogno è una soluzione a breve termine, perché tanto tutto ciò non si ripeterà mai più; altri invece stanno dicendo che succederà più spesso di quanto pensiamo. Il mondo è un posto molto diverso, e non è solo per la pandemia. Ci sono i disastri naturali, le inondazioni giù al sud. Ci sono i tornado, gli uragani."

Storia MRP

Al giorno d'oggi qualsiasi azienda di produzione di medie/grandi dimensioni usa un metodo di pianificazione degli ordini chiamato MRP (*Material Requirement Planning*). Questo metodo o strumento è nato nel 1950 grazie allo sviluppo tecnologico e alle nuove potenzialità di calcolo dei computer.

La nuova generazione di computer supporta infatti calcoli di alto livello e li processa in pochi istanti, nel caso specifico della *supply chain,* questi dispositivi vengono utilizzati per il calcolo delle quantità da ordinare e le tempistiche.
Per poter funzionare questo sistema ha necessariamente bisogno di alcune informazioni di seguito riportate:

- Bill of material (BOM)

Non è nient'altro che una lista di materie prime, semilavorati, componenti ed istruzioni richieste per costruire, riparare o progettare un prodotto o servizio. Solitamente la distinta base viene visualizzata in formato gerarchico ed è formata da più livelli. Al primo livello viene indicato il prodotto finito, mentre invece per ogni ramo il livello più basso è rappresentato dall'item "base"

che può essere acquistato o prodotto internamente, al di sotto di questo componente non interessa, sia che sia acquisto o conto-lavoro.

Esistono principalmente due distinte basi: una di fabbricazione, una di ingegneria.

Una distinta base è una fonte centralizzata di informazioni ed istruzioni per la creazione e l'assemblamento di un prodotto. La ***Bill of material*** è di fondamentale importanza perché garantisce le informazioni necessarie per qualsiasi tipo di analisi, siano esse analisi a livello qualitativo o analisi economiche. Se la distinta non è accurata si può causare uno stop alla produzione con un conseguente aumento esponenziale dei costi operativi e forte rischio di *stock-out* o ritardo nella consegna del prodotto al cliente con ripercussioni sul rapporto con quest'ultimo.

Oltre ad essere uno strumento fondamentale per una qualsiasi pianificazione dei requisiti di materiale (MRP) come appena descritto, questo documento risulta essenziale anche per la produzione stessa ed in particolare per i sistemi di pianificazione delle risorse aziendali (ERP).

È possibile accedere alla lettura di qualsiasi BOM con due modalità differenti: mediante display di esplosione o di implosione.

La prima metodologia, quella dell'esplosione scalare, mostra un assieme al livello più alto suddiviso nei suoi singoli componenti di livello più basso; la seconda metodologia, quella ad implosione, mostra per ogni componente i livelli più alti della distinta, evidenziando dove il singolo item andrà applicato e quindi su quali componenti andrà assemblato/lavorato.

La distinta base di ingegneria è spesso rappresentata da un disegno CAD che mostra il posizionamento ed il ruolo di ciascun componente nell'item finale.

La distinta base di produzione comprende tutti gli assemblaggi e le parti necessarie per la realizzazione del prodotto finito, incorporando anche i materiali di imballaggio necessari per la spedizione al cliente finale.

Le informazioni necessarie per una qualunque distinta base sono le seguenti (spesso elencate in questo ordine):

- *Livello item* (1 = prodotto finito che può essere venduto oppure assemblato con altri componenti);
- *Codice identificativo del prodotto;*
- *Nome;*

- *Revisione;*
- *Descrizione;*
- *Quantità;*
- *Unità di misura;*
- *Dimensioni;*
- *Lunghezza;*
- *Peso;*
- *Specifiche o caratteristiche del prodotto.*

Figura 2: Rappresentazione componenti bicicletta

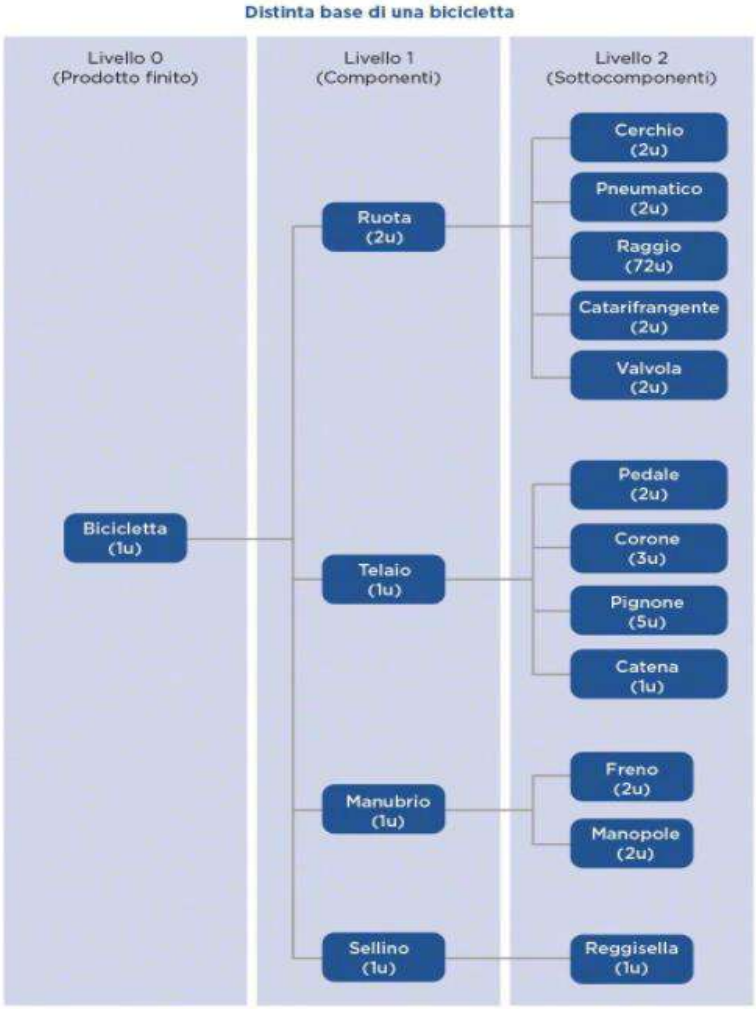


Figura 3: Bill of Material bicicletta

- Source list per assegnazione Codice prodotto – Fornitore

Ciascun prodotto può avere uno o più fornitori di provenienza, può infatti accadere che si sia sempre fatto riferimento ad un unico fornitore, oppure che questo sia stato cambiato nel tempo. È necessario che a sistema in ogni istante vi sia un fornitore "preferenziale" in modo che l'MRP chiami il codice utilizzando il LT di questo fornitore, generando così automaticamente la richiesta di acquisto RDA.

- Lead time di approvvigionamento aggiornati

Elemento imprescindibile per un corretto funzionamento dell'MRP.

I *lead time* devono sempre essere aggiornati e corretti, se la revisione non avvenisse si correrebbe il rischio di creare un "vuoto" e fermare così la produzione in quanto non si hanno i materiali in casa.

Esempio JIB braccio gru RT550

Per rendere più concreta l'idea dell'esempio precedente è possibile analizzare un componente optional per il braccio della gru 550. Questo prodotto viene chiamato "Jib" ed è una sorta di "prolunga" che permette al braccio di allungarsi di ulteriori 8 metri.

Se attivata quindi la macchina passerà da un normale braccio di 39m ad uno di 47m. Questo componente è composto dal jib vero e proprio (pn1) più ulteriori codici ausiliari quali elementi tiranti o staffe necessarie ad applicare il jib al braccio nel momento dell'attivazione.

In seguito, verranno mostrate una parte di questi componenti.

Per motivi di privacy aziendale gli elementi riportati verranno definiti pn1, pn2, pn3 e così via, non saranno utilizzati i *part number* definiti in azienda.

Figura 4: Immagine gru mobile RT550 con jib

Di seguito è rappresentato come il Jib sia posizionato sulla macchina una volta prodotta ed ultimata. Sarà possibile attivare le procedure per “agganciarlo” al braccio solo una volta allungato del tutto.

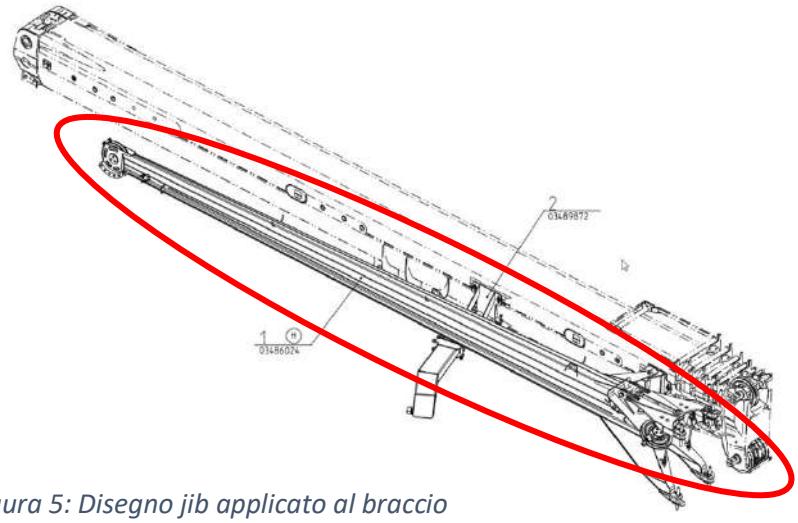


Figura 5: Disegno jib applicato al braccio

Seguiranno ora una serie di componenti che costituiscono il Jib nella sua totalità, a partire dal corpo stesso che comporrà la cosiddetta “prolunga” del braccio:

pn1 – JIB

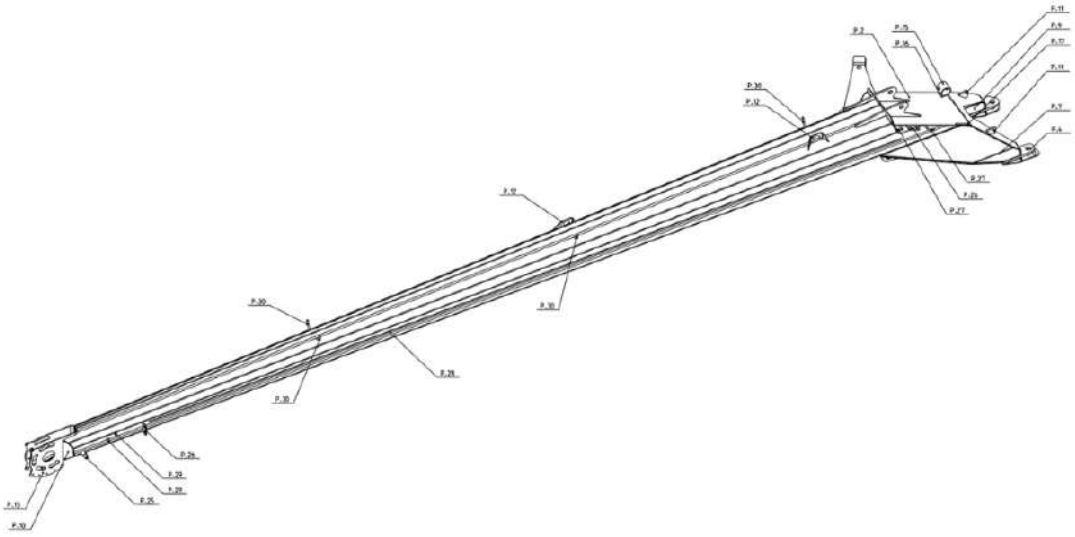


Figura 6: Disegno jib

pn2 – ELEMENTO TIRANTE ASOLANTE

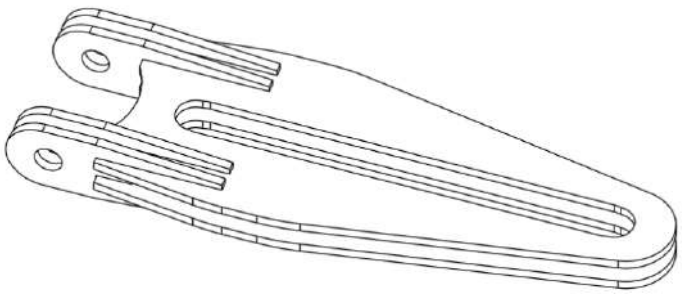


Figura 7: Elemento tirante asolante

pn3 – ELEMENTO TIRANTE FOLATO

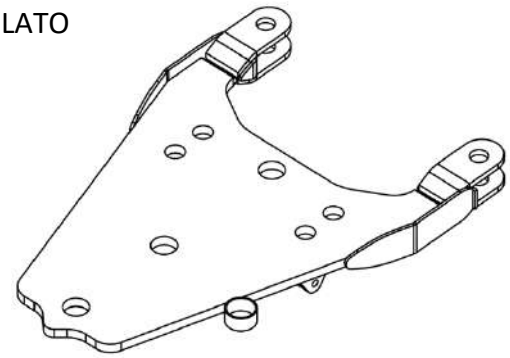


Figura 8: Elemento tirante folato

pn4 – STAFFA

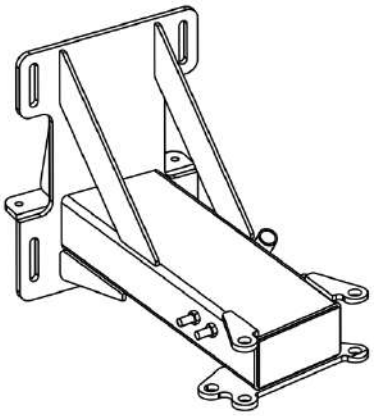


Figura 9: Staffa jib

pn5– PISTA RIPIEGABILE

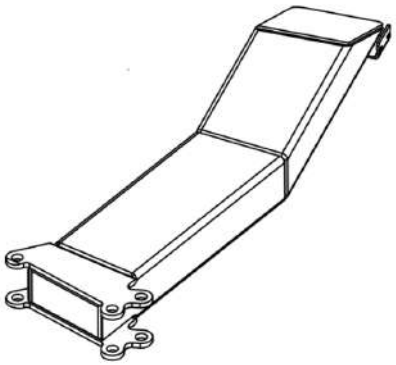


Figura 10: Pista ripiegabile

pn6 – STAFFA ANTERIORE

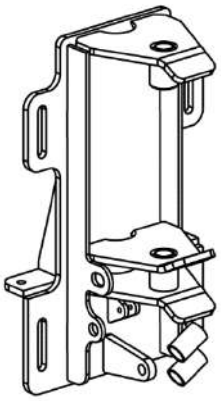


Figura 11: Staffa anteriore jib

Ciascuno di questi codici, così come per moltissimi altri esempi, può avere storia, provenienza e complessità differenti. Ed è chiaro come l'importanza di una corretta gestione per poter avere contemporaneamente tutti i pezzi a disposizione sia di notevole importanza. La mancanza di anche solo uno di loro comporterebbe gravi perdite di tempo ed un'inevitabile modifica al piano di produzione.

Dopo una breve panoramica dell'argomento che verrà trattato seguirà un'introduzione e presentazione dell'azienda presso cui verrà svolto l'intero lavoro di tesi.

MANITOWOC

La Manitowoc, fondata nel 1902 da Charles West ed Eias Gunnell nel Wisconsin, è ora una realtà multinazionale. Nata come azienda dedita alla costruzione ed alla riparazione in campo navale, solamente a partire dagli anni '20 fa il suo ingresso nel mercato delle gru con braccio a traliccio.

Nel 2002, ampliandosi, l'azienda ha acquisito la società *Grove Crane*, diventando a pieno titolo azienda eclettica e polifunzionale che si occupa di progettazione, costruzione e commercializzazione di gru.

Presente in 14 paesi nel mondo, con un'ampia offerta di prodotti, la Manitowoc è ora una realtà affermata nel mercato e con le pretese di essere una leader nel settore. Nella produzione emergono prodotti quali:

1. Gru cingolate **Manitowoc**

Figura 12: Gru cingolata

2. Gru **Grove** (multistrada, industriali, fuoristrada ed autocarrate)

Figura 13: Gru multistrada Grove

3. Gru **Potain** (a torre od automontanti)

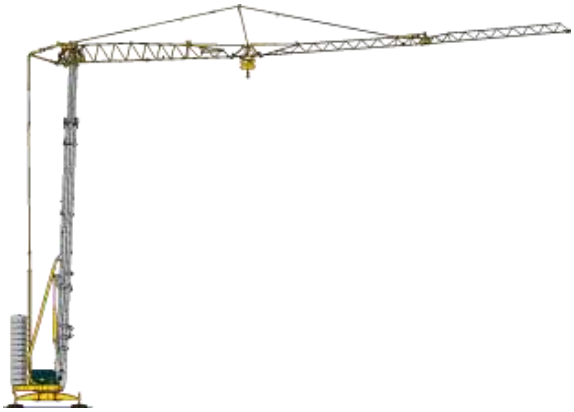


Figura 14: Gru a torre Potain

4. Gru **National Crane** (con comandi per uso da terra o con cabina in torretta)

Figura 15: Gru National Crane

Lo stabilimento presso il quale è stato condotto il lavoro di tesi è lo stabilimento locato a Niella Tanaro.

Con circa 200 dipendenti l'impianto industriale di Niella Tanaro è l'unico stabilimento dell'intero gruppo a produrre entrambi i due principali prodotti di punta dell'azienda: gru **tower** e gru **mobile**.

POTAIN

La Potain, fondata nel 1928 da Faustin Potain e la moglie Marie Louise Malfrait, da subito è ideata come officina per la produzione di macchine edili, ma dopo un solo anno di attività, grazie all'acquisizione del brevetto per la costruzione di un argano, la realtà dell'attività cambia. Nel 1931-32 l'azienda cambia ubicazione e da Avenue de Noblet la produzione viene trasferita a La Cayette, poco dopo verrà commercializzata la prima gru di ideazione Potain e sarà il trampolino di lancio per la produzione e la vendita di gru sotto il marchio Record. La vera svolta avvenne comunque nel decennio tra il 1950 ed il 1960 con lo sviluppo della gru a torre verticale che riscosse incredibile successo e portò l'azienda verso una posizione di leadership mondiale nel settore.

I primi siti produttivi sono tutti localizzati in Francia:

1. Charlieu (Loire) – 1955
2. Moulins (Allier) – 1958
3. Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire) – 1966
4. Saint-Nizier-sous-Charileu (Loire) – 1967
5. Jassans (Ain) – 1968
6. Villefranche-sur- Saône) – 1968

Negli anni successivi il mercato delle gru Potain inizia ad ampliare i propri orizzonti arrivando ad occupare quote del 60% del mercato francese, 25% del mercato tedesco e del circa 30% del mercato britannico.

Nel 1968 l'azienda contava a libro paga circa 2.000 dipendenti.

Nel 2001 il gruppo Potain è stato acquistato dalla Manitowoc.

Figura 16: Gru Potain

GROVE

La Grove venne fondata nel 1947 a Shady Grove, in Pennsylvania, dai fratelli John, Dwight e Wayne Nicarry Groove con il nome di: “Grove Manufacturing Company”. Nacque come attività di costruzione di carri agricoli, fino a quando, la necessità di spostare acciaio pesante e le conoscenze dell’idraulica di John non portarono alla realizzazione di una prima rudimentale gru.

Questa innovazione, quasi casuale, ha indirizzato l’azienda verso la produzione di gru; scelta che ha portato ad ottimi risultati in quanto in pochi anni, anche questa realtà, è diventata leader mondiale nel settore.

Nel 1967 infatti l’azienda può fare affidamento su 1.000 dipendenti, e successivamente verrà ceduta alla Walter Kidde Company.

Figura 17: Gru Grove GRT655L

SUPPLY CHAIN MANITOWOC

La fortuna di operare in una *supply chain* ibrida dei due business principali (*tower* e *mobile*) è quella di poter affrontare giornalmente problematiche completamente differenti. Questa metodologia di

pianificazione degli approvvigionamenti permettere di attuare diverse metodologie di modelli e teoria a seconda del prodotto finale.

Sono due realtà completamente differenti: da un lato il ***tower***, molto dinamico, con volumi di 6 gru al giorno per un totale di oltre 1.000 gru/anno, dall'altro il lato ***mobile***, decisamente più statico, con volumi che si aggirano attorno a 70/80 macchine all'anno.

Oltre alle influenze del mercato, ad aumentare le differenze dei due sistemi, intervengono anche le complessità del prodotto, la distinta base ed i relativi tempi di produzione dei due prodotti.

Tutto ciò incide notevolmente sulla gestione dei fornitori e degli ordini di acquisto/conto-lavoro.

I numeri del lato tower permettono infatti una maggiore flessibilità. Se una tipologia di gru non può essere portata a termine per la mancanza di determinati componenti, la produzione può procedere con un altro modello e così via.

Altro fattore di notevole importanza, che riguarda la gestione degli approvvigionamenti, è la criticità dell'item. Vi sono infatti componenti senza le quali la produzione non può partire o proseguire, mentre altre componenti possono facilmente essere montate o aggiunte in un momento successivo, quando la gru è già uscita dalla linea di produzione.
Simile procedimento coinvolge anche le gru *mobile* , in questo caso però la complessità del prodotto richiede maggiori componenti critici necessari, tra questi ricordiamo in particolare: *outrigger*, *motore*, *valvole idrauliche* e *centraline*.
La difficoltà dell'operare in una *supply chain* del genere è il continuo *trade off* tra ***valore stock – missing material.***

In aggiunta a ciò, vi è la dimensione di determinati item e lo stoccaggio di questi. Si pensi infatti ai contrappesi o blocchi di cemento, bracci, motori, centraline, strutture per capot o kit di determinati componenti.

Gli indici di rotazione per i due magazzini sono differenti, così, di conseguenza, varia anche la frequenza delle consegne in media dei fornitori. In percentuale, per le gru tower, molti fornitori effettuano consegne con cadenza settimanale, mentre, per il lato mobile, le consegne sono più dilazionate nel tempo.

L'aspetto che più mi appassiona della *supply chain* è l'infinita possibilità di applicare miglioramenti, non si arriverà mai ad un punto ottimale, saranno sempre necessarie modifiche e migliorie.

L'ufficio degli acquisti e della logistica si occupano del passaggio di un bene dal fornitore alla propria azienda. La *supply chain* è un qualcosa di più: è l'organizzazione necessaria a trasformare quel bene in valore al minor costo possibile e con le migliori tempistiche.

La filiera sulla quale ricadrà la scelta sarà quella in grado di fornire:

- Prodotto desiderato;
- Qualità desiderata/ricercata;
- Rispetto delle tempistiche desiderate;
- Minor prezzo.

La supply chain è basata su rapporti e network di fornitori, la cui gestione comporta l'ottimizzazione di più aspetti:

- **governance**: non imporre le proprie regole; una filiera sarà tanto competitiva quanto più gli attori della stessa filiera ottimizzeranno le proprie logiche;
- **materiali**: devono essere presenti nella filiera in modo da evitare stock-out e velocizzare al massimo i processi;
- **competenze**: all'interno della catena ogni attore deve avere bene presente il proprio ruolo;
- **informazioni**: tutti devono essere informati, la rapidità determina la competitività dell'intera filiera.

Vi è continua interazione con i propri fornitori, non è pensabile tenere in considerazione esclusivamente i propri obiettivi.

Distribuzione fornitori Manitowoc

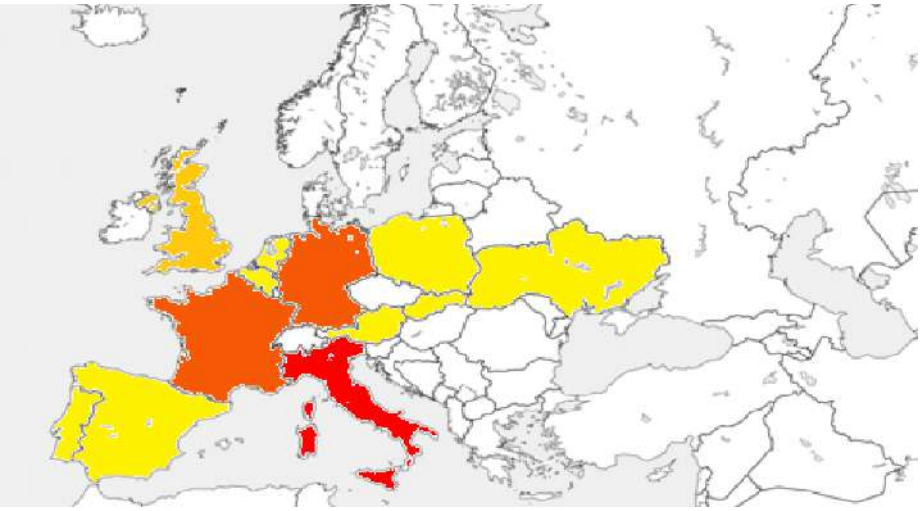


Figura 18: Cartina geografica con distribuzione fornitori

Come osservato in precedenza l'azienda presenta due business tra loro estremamente differenti, molte delle divergenze sono già state affrontate all'interno dell'elaborato, a questo si deve aggiungere un ulteriore fattore: la distribuzione geografica dei fornitori.

I fornitori a cui l'azienda si rivolge sono oltre 340, essi sono così distribuiti tra i vari paesi del mondo:

Figura 19: Grafico a torta distribuzione fornitori nel mondo

PAESE	nr.	%
Italia	164	0,477
Stati Uniti	65	0,189
Germania	43	0,125
Francia	42	0,122
Regno Unito	9	0,026
Belgio	3	0,009
Canada	3	0,009
Cina	3	0,009
Portogallo	2	0,006
Spagna	2	0,006
Slovacchia	2	0,006
Austria	1	0,003
Malta	1	0,003
Olanda	1	0,003
Paesi Bassi	1	0,003
Polonia	1	0,003
Ungheria	1	0,003
Totale	344	1

Tabella 2: Distribuzione fornitori nel mondo

Come ai può osservare dalla tabella la metà dei fornitori è di provenienza locale, italiana, circa il 20 % proviene dagli Stati Uniti ed il restante 30% sono fornitori con sede in Europa.

La distribuzione dei fornitori non è la stessa tra i due business dell'azienda, la presenza dei fornitori americani può essere attribuita per quasi la sua totalità al prodotto **Grove**.

I fornitori sono infatti comuni allo stabilimento di Shady Grove (produttori di autogru con in comune allo stabilimento di Niella Tanaro i modelli RT530/540, GRT655 e GRT880/8100). I fornitori francesi

sono invece per la maggioranza fornitori del business **Potain** e sono comuni allo stabilimento di Charlieu, anch'essi produttori di gru Tower.

Appare inconfutabile la differenza nello sforzo economico, di gestione e di comunicazione che interessa la filiera in relazione alla provenienza del fornitore.

In merito al posizionamento dei propri fornitori la pandemia ha ridefinito il concetto della distanza: ci siamo accorti di quanto i chilometri siano importanti; la localizzazione dei vari stabilimenti è ora diventata sempre più argomento di discussione e studio da parte della dirigenza delle aziende.

Le innovazioni tecnologiche più importanti per la *supply chain* sono fondamentali in questo nuovo contesto in cui i mercati sono sempre più altalenanti e stagionali. A questo si aggiunge un sempre più ampio catalogo di prodotti gestiti dall'azienda, con tutte le complessità che questo comporta a livello di previsioni e gestione materiale/flussi/risorse.

L'aspetto progettuale e lo studio/analisi dei dati diventano ora elementi cardine della progettualità di un'azienda e richiedono l'utilizzo di software specifici in grado di gestire correttamente lo studio di queste operazioni così importanti.

IMPORTANZA POSIZIONE NEL MERCATO

Quando si parla di *supply chain*, di logistica o gestione degli approvvigionamenti, non è trascurabile il ruolo e la posizione dell'azienda nel proprio mercato.

Una posizione da leader nel mercato è sinonimo di una pianificazione a lungo termine, con prodotti venduti con oltre un anno di anticipo. Tutti questi fattori aiutano ad effettuare in anticipo analisi e studi riguardo ordini di acquisto ed organizzazione dei trasporti. La possibilità di poter prevedere questi aspetti si è rivelata essere un fattore determinante, in particolare in questo momento storico durante il quale i LT sono in alcuni casi triplicati ed hanno sfiorato i 10/11/12 mesi.

Le previsioni diventano ancora più importanti nel momento in cui il *Lead Time* di consegna richiesto dal cliente è minore del *Total Lead Time* (tempo di produzione più approvvigionamento). Se ci si basasse esclusivamente sugli ordini emessi dal cliente si avrebbero perennemente stock-out e ritardi perché questo comporterebbe approvvigionarsi esclusivamente al momento dell'ordine, rendendo impossibile rispettare i tempi di consegna. Per quanto le previsioni siano necessarie per

molti codici e/o fornitori, occorre tenere in considerazione che queste non potranno mai raggiungere un livello totale di accuratezza.

PREVISIONE

In primo luogo, è necessario definire il ***time bucket***, l'unità di tempo per la quale si desidera prevedere. È un'unità indivisibile e può trattarsi di un giorno, una settimana o un mese.

Successivamente è necessario definire l'***orizzonte di previsione***, ovvero l'anticipo con la quale si vogliono effettuare delle stime della domanda. Ad esempio, se si sceglie un time *bucket* settimanale, occorre capire se è necessario prevedere la domanda per la prossima settimana piuttosto che per la 52° settimana.

Un terzo parametro è la ***frequenza di revisione***. Questo parametro indica il numero di volte che le previsioni vengono aggiornate. Ad esempio, si possono stimare le previsioni con *time bucket* settimanale, una volta l'anno con orizzonte annuale oppure si può ripetere la stessa previsione settimanalmente (52 volte l'anno) o mensilmente (12 volte l'anno).

Considerato il costo che il calcolo delle previsioni comporta è consigliato aggiornarle o revisionarle nel momento in cui si ottengono delle informazioni aggiuntive rispetto a quelle già in possesso. Un quarto importante parametro è la definizione del ***prodotto*** o l'insieme di prodotti ai quali facciamo riferimento.

Infine, un'ulteriore e rilevante dimensione è quella del ***mercato*** o ***area geografica*** alla quale si fa riferimento.

Spesso al concetto di previsione viene associato il concetto di algoritmo, è bene tenere in considerazione che la previsione è un processo che può fare utilizzo di uno o più algoritmi.Per effettuare una qualsiasi previsione è necessario basarsi sulla domanda dei clienti e non sulle vendite. Queste, infatti, sono un'iterazione tra domanda e disponibilità del prodotto; basarsi sulle vendite potrebbe quindi portare a sottostimare i numeri con il rischio di stock-out e conseguentemente non essere in grado di soddisfare la domanda.

I passi da seguire per effettuare una qualsiasi previsione sono:

- **Analisi dei processi decisionali**: per poter scegliere i parametri del processo previsionale adatti;

- **Raccolta delle informazioni**: le previsioni sono infatti basate su un set di informazioni che devono essere raccolte mediante interviste o analisi statistiche.
  L'accuratezza di questi dati è il primo fattore e costituisce il punto di partenza di una corretta previsione. Anche il migliore degli algoritmi non fornirà previsioni accurate ed attendibili se i dati forniti non coincidono con la realtà;

- **Analisi della domanda**: formulare delle ipotesi per supporre un andamento cercando di capire se la domanda è *stazionaria* o meno, se siano presenti delle *oscillazioni* stagionali oppure causate da eventi esterni quali atmosferici, promozioni o semplici mode;

- **Scelta e parametrizzazione del modello:** scegliere il modello di previsione che più si adatta alla situazione reale che si vuole analizzare;

- **Generazione della previsione:** le informazioni vengono elaborate per supportare le decisioni aziendali;

- **Misura dell'errore di previsione**: permette di identificare eventuali incoerenze tra il modello e l'andamento della domanda. Molto spesso quest'ultima fase viene trascurata in azienda con la conseguente attuazione di politiche aziendali errate o non idonee che non conducono verso i risultati attesi e desiderati.

Tra i modelli più utilizzati è possibile trovare:

- **Media mobile**: il modello più semplice da utilizzare. Ideale quando risultano difficili da identificare trend e/o stagionalità. Per l'analisi storica viene tenuto in considerazione un numero *k* di osservazioni;

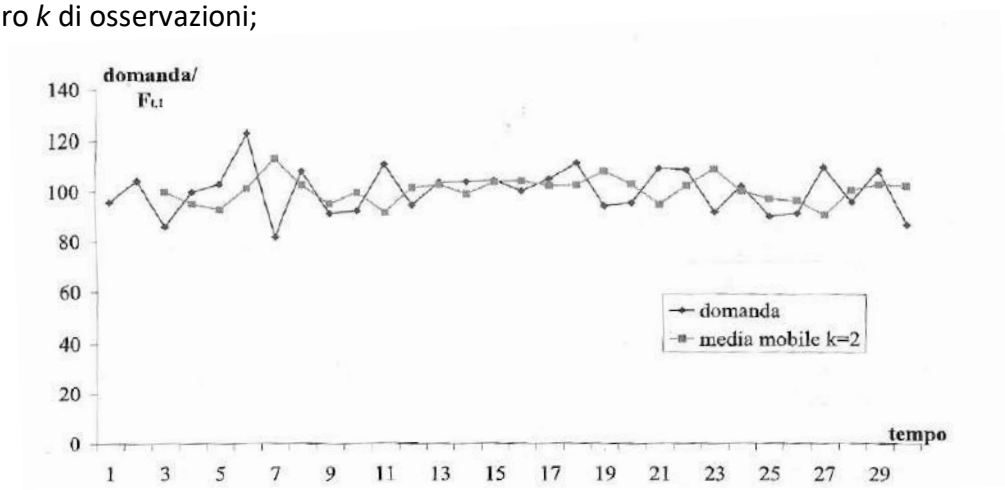


Figura 20: Grafico media mobile

- Smorzamento **esponenziale semplice**: simile alla media mobile, ma con un piccolo accorgimento riguardo il numero di osservazioni considerate per l'analisi storica. Vengono presi in considerazione tutti i valori che si hanno a disposizione, cambia il peso e la considerazione di questi. Le osservazioni che più si avvicinano al tempo *t* della previsione saranno tenute in maggiore considerazione;

- Smorzamento con **trend**: utilizzato per prodotti che negli ultimi/mesi hanno manifestato un trend positivo o negativo a seconda della moda o a causa di eventi esterni;

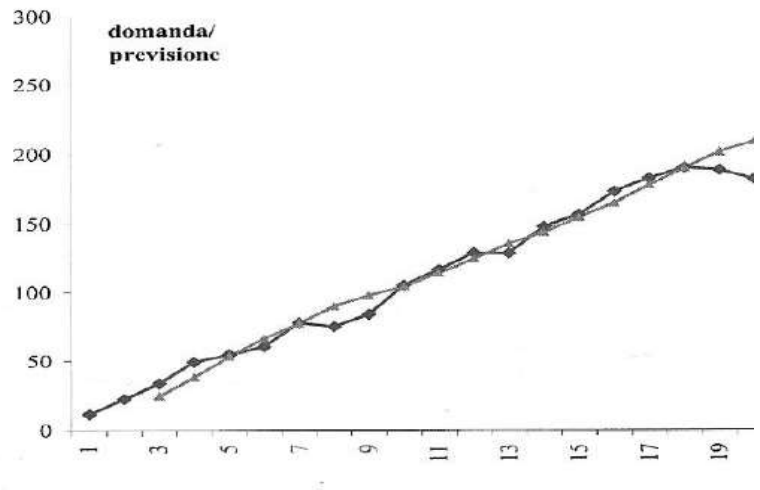


Figura 21: Grafico smorzamento con trend

- Smorzamento con **stagionalità**: per i prodotti che hanno una domanda altalenante con presenza di picchi in determinati mesi o stagioni (un esempio può essere il gelato che presenta picchi di domanda in estate e forti cali durante i mesi più freddi);

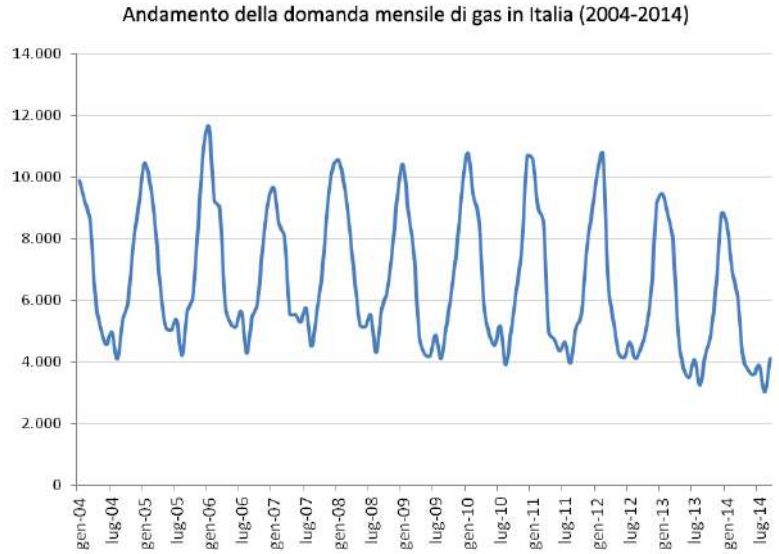


Figura 22: Grafico smorzamento con stagionalità

- Smorzamento con **trend e stagionalità**: modello ibrido tra i due descritti precedentemente;

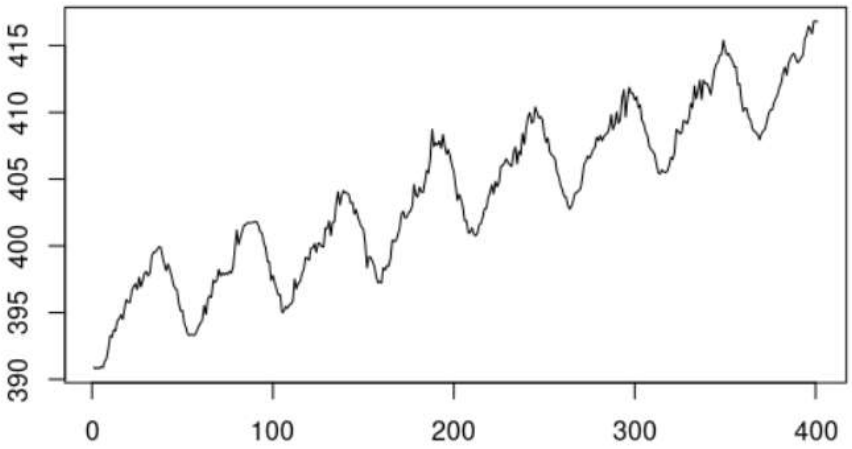


Figura 23: Grafico smorzamento con trend e stagionalità

- **Regressione lineare semplice**: nata per correggere i modelli appena citati in quanto presentano tutti una debolezza o limite che si può individuare nella loro dipendenza dal *tempo*.

  Nella realtà infatti moltissimi modelli potrebbero dipendere da altre variabili quali: l'investimento nella campagna pubblicitaria, condizioni atmosferiche, andamento dell'economia o distribuzione dei punti vendita del prodotto in questione…

  Un modello completo, che prenda in considerazione questi molteplici aspetti, inevitabilmente si complica.

Effetto BULLWHIP

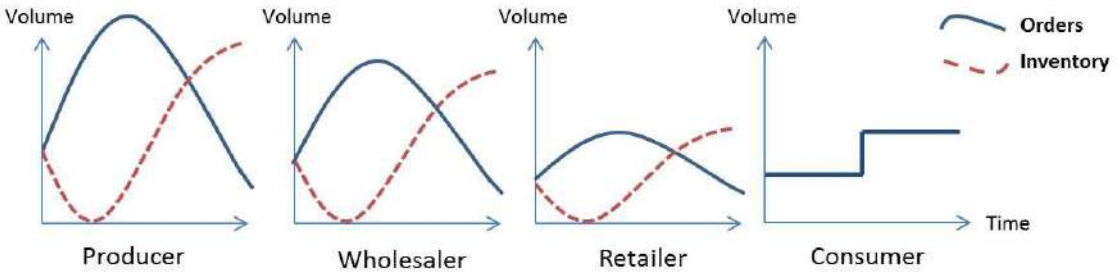


Figura 24: Effetto Bullwhip

Quando ci si trova ad affrontare filiere distributive multilivello accade spesso di imbattersi in problematiche legate al coordinamento delle decisioni nei vari magazzini situati su livelli diversi.

Sono due le diverse tipologie di approccio a problematiche di questa natura: si può ragionare considerando i magazzini come entità diverse tra loro ed ottimizzare ogni singolo magazzino, oppure ragionare e cercare di ottimizzare il collettivo.

Quando si tratta di magazzini di una stessa azienda, di uno stesso ente o gruppo industriale, si è maggiormente propensi a seguire la seconda modalità. Ben più difficile applicarla in una qualsiasi rete distributiva con più attori che risultano scollegati tra di loro.

Un primo effetto della semplificazione dei singoli magazzini consiste nella ricerca di ottimi locali per le diverse postazioni della filiera piuttosto che uno solo adibito alla gestione filiera nel suo complesso, questo *modus operandi* spesso conduce verso inevitabili inefficienze.

Un secondo effetto, più pratico, è il cosiddetto "***effetto frusta***", anche conosciuto come "***effetto Bullwhip***" o ancora come "***effetto Forrester***" dal nome del ricercatore che ha evidenziato il fenomeno dagli studi di Industrial Dynamics.

Questo effetto si manifesta nell'aumento della variabilità della domanda da valle a monte in una qualsiasi filiera multilivello produttiva o distributiva. Si può tradurre nel pensiero che la variabilità dei componenti necessari alla realizzazione di un prodotto sia maggiore della variabilità del prodotto finale stesso.

Un'azione che può incidere pesantemente su questo effetto sono le promozioni o gli sconti nei negozi finali che inducono le persone ad acquistare quantitativi maggiori.

La bontà di una *supply chain* la si può valutare dalla flessibilità con cui è in grado di reagire a queste fluttuazioni della domanda.

Si può considerare come esempio il consumo di pasta di grano duro, uno dei piatti tipici della cucina italiana, consumata giornalmente da milioni di famiglie. Analizzando il consumo medio giornaliero si otterrà un grafico caratterizzato da un andamento mediamente lineare e costante (è possibile la presenza di variabili legate ai trend stagionali), difficilmente si avrà un andamento oscillante. Ciò è dovuto al fatto che il consumatore acquista e consuma il prodotto in modo naturale, senza sentirne particolare esigenza o desiderio.

Se si prende invece in considerazione la domanda di ciascun punto vendita finale (negozio) si osserverà un andamento diverso, probabilmente dettato da particolari periodi di promozioni o di offerte vantaggiose per il cliente.

Va tenuta in considerazione anche la lunga conservazione del prodotto; questa sua caratteristica, infatti, può indurre il consumatore all'acquisto di un numero consistente di unità se c'è la possibilità di trarne un vantaggio economico. Ciò è dimostrato dal grafico soprastante, è infatti osservabile come lo scalino rappresenti il momento in cui la domanda è aumentata improvvisamente.

Diretta conseguenza ed anche il rischio maggiore è il verificarsi dello *stock-out*: il negozio rischia infatti di non riuscire a soddisfare la domanda e lasciare il cliente a mani vuote/insoddisfatto del servizio.

Qual è la migliore strategia che il negoziante potrebbe adottare: non aumentare la propria disponibilità e potenzialmente rimanere senza prodotti o aumentare la sua scorta di sicurezza per far fronte a questo possibile aumento di domanda e quindi incorrere nella possibilità di avere prodotti invenduti?

Queste oscillazioni di domanda sono ampliate per il distributore o grossista che fornisce il singolo punto vendita.

Andando a ritroso si giunge quindi al produttore. Quest'ultimo vedrà la domanda alzarsi o abbassarsi rapidamente senza poter avere chiara la situazione effettiva. Ciò implica non poche difficoltà legate alla gestione dell'azienda che coinvolgono anche le risorse attuali (umane e non) e le infrastrutture come linee produttive o magazzini.

La dinamica sopra evidenziata può essere spiegata concretamente attraverso il cosiddetto ***Beer Game,*** simulazione di questo meccanismo che rende l'idea di ciò che avviene nella realtà a tutti i partecipanti (sempre più utilizzato nelle varie università).

Filiere multilivello e *supply chain* di questa tipologia possono essere gestite in due modi differenti:

- Logica ***Installation Stock***: metodi che considerano come *inventory position* di un magazzino la sola scorta ivi presente più gli ordini emessi, meno l'eventuale *backorder* (ordini non soddisfatti dei periodi precedenti e che devono essere saldati.)
  Questa gestione rende ciascun elemento maggiormente indipendente e non pienamente integrato con gli altri attori della catena produttiva.

- Logica ***Echelon Stock:*** tipico di una catena integrata. Consiste nel considerare come *inventory position* di un magazzino della filiera la somma di tutte le proprie *inventory position* più quelle di tutti i magazzini a valle di esso. Permette dunque di avere una visione più generica del livello delle scorte.

Un problema, comunque, si presenta nell'individuare quale tra i diversi attori (produttore, grossista, distributore o punto vendita finale) deterrà il potere decisionale, cercando di evitare il più possibile qualsiasi tipo di interesse conflittuale.

DDMRP

I benefici del DDMRP sono:

1. abilità di stabilizzare l'ambiente di produzione, evitando materiali/codici mancanti ed ordini incompleti utilizzando dei buffer;
2. comprimere i tempi di LT;
3. Sincronizzare l'inventario con la domanda.

Un normale MRP calcola il LT complessivo come la somma dei tempi di approvvigionamento del procurement con il tempo di produzione.

Il DDMRP richiede la seguente equazione del flusso netto:

Stock disponibile + **ordini** - **domanda** (certa)

= Diminuisce

= Aumenta

Le prospettive della catena di fornitura sono:

Orizzonte visibilità degli ordini di vendita	
Tempi di consegna	
Variabilità domanda	
Interruzioni fornitura	

Tabella 3: Caratteristiche DDMRP

Il DDMRP vuole ottimizzare la *supply chain* seguendo i principi della *Lean Theory* ed in particolare seguendo i 6 sigma.

Le differenze tra un MRP normale ed il DDMRP possono essere sintetizzate nella seguente tabella:

Conventional MRP	Demand Driven MRP
- Processo basato sulle ***previsioni***; - ***Lead time*** lunghi e variabili; - Processi strettamente accoppiati.	- ***Domanda qualificata*** (ordini di vendita) punto di partenza dei processi; - ***Lead time*** compressi vicino ai punti di buffer; - Segnali di domanda non inviati oltre le posizioni di buffer, per evitare effetti bullwhip.

Tabella 4: Differenze MRP - DDMRP

Il DDMRP diventa un sistema di gestione del materiale ideale per quei prodotti o codici difficili da prevedere.

Perché il tradizionale MRP non porta a soluzioni ottimali?

Nonostante sia il sistema più utilizzato in qualsiasi realtà aziendale dagli anni ’70 avendo consentito grandi benefici ed ottimi risultati al giorno d’oggi questo sistema sembra pare non essere più performante. Le principali motivazioni di questo cambiamento possono essere riconosciute nei seguenti fattori:

1) L’MRP provoca eccessive giacenze di ciò che non serve con conseguente rischio di *over stock* ed obsolescenza e contemporaneamente presenta il rischio opposto ovvero la possibilità di *stock-out* e relativa domanda persa**;**
2) Ogni qualvolta che un ciclo di pianificazione viene avviato l’MRP scombina tutte le priorità precedentemente stabilite**;**
3) La pianificazione dipende troppo dal *planner*.

Tutto ciò concorre alla realizzazione di una rigidità aziendale che non consente di rispondere al fabbisogno odierno di *supply chain* sempre più dinamico e complesso.

Vantaggi del DDMRP

Il DDMRP basa le previsioni sugli ordini dei clienti e questo consente maggiore efficienza, ordinare quello che è effettivamente necessario consente di evitare l'accumulo di articoli superflui alla produzione.

Di seguito sono riportati i principali vantaggi del modello:

1) Esso si presenta come **semplice ed intuitivo**: presenta algoritmi chiari e trasparenti che permettono a chiunque abbia a che fare con questo modello di comprendere a fondo le dinamiche. La comprensione è ulteriormente facilitata dall'utilizzo di colori e valori percentuali.

2) Permette l'**eliminazione dei silos**: lavorare utilizzando un approccio frammentario è sicuramente poco produttivo, conduce verso risultati negativi sia sul piano della pianificazione, sia su quello dell'esecuzione. Questo modello incrementa la condivisione dei risultati, collaborazione e comunicazione tra i vari addetti.

3) È **immediato**: per le motivazioni appena descritte questo modello riesce ad essere comprensibile anche per chi non lo conosce nei dettagli.

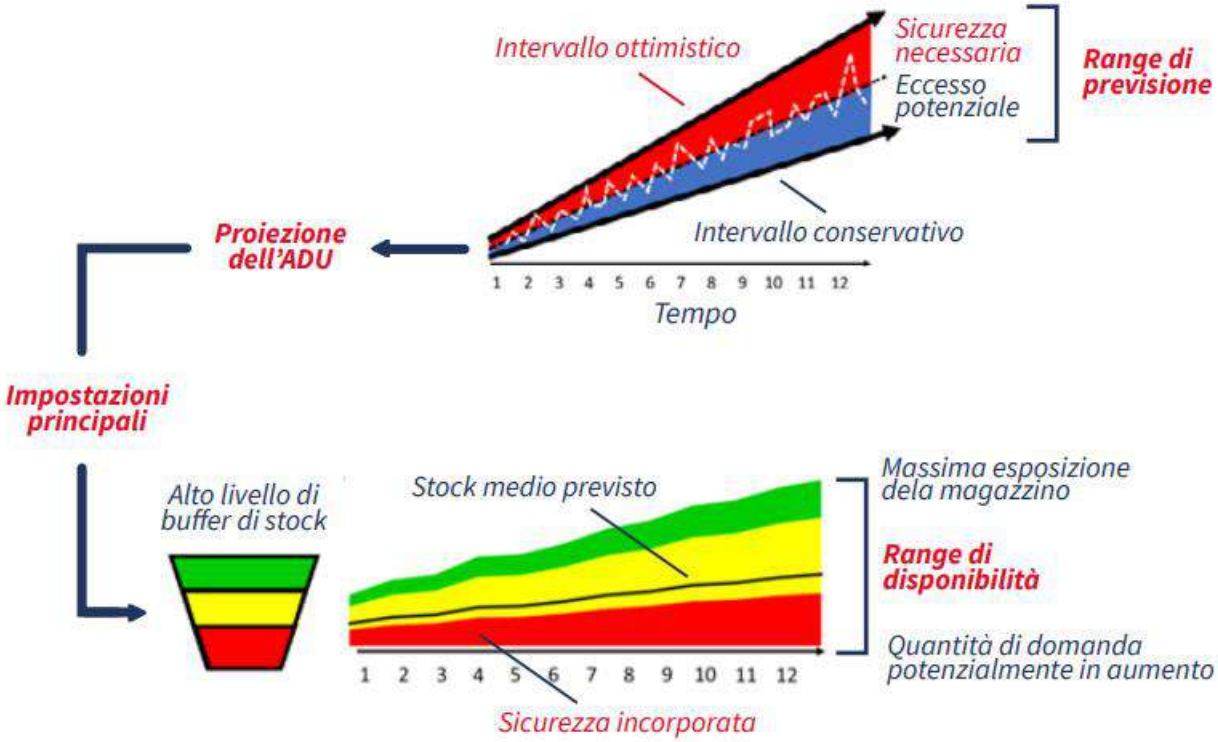


Figura 25: Rappresentazione vantaggi DDMRP

Esempio concreto applicazione DDMRP in una catena logistica

Dopo una breve panoramica sui principi teorici di questo modello, saranno di seguito illustrati alcuni esempi pratici del funzionamento del sistema.

PRE DDMRP

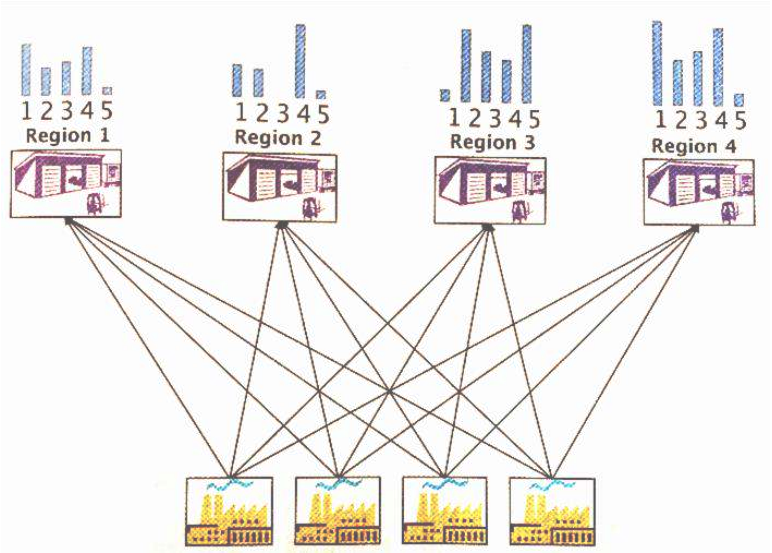


Figura 26: Rappresentazione pre DDMRP

In questa rappresentazione è osservabile come i prodotti finiti, una volta concluso il processo di produzione, vengano inviati a centri di smistamento o punti vendita finale che presentano un proprio magazzino. Questo sistema presenta collegamenti molti a molti: aziende di produzione hanno iterazione diretta con più magazzini o centri di vendita finali e viceversa; non esistono collegamenti unidirezionali.

Ciò comporta una complessità maggiore nella gestione dei livelli di stock con il l'inevitabile rischio di incorrere spesso in stock-out con relativa domanda persa oppure in eccesso di stock con tutte le possibili problematiche che ciò potrà scaturire.

Questo sistema di approvvigionamento non favorisce una centralizzazione delle scelte e la loro possibile ottimizzazione, ciascun attore della filiera è concentrato sui propri obiettivi.

Spesso per utilizzare questo modello è necessario apportare modifiche di una certa entità alla propria *supply chain*, esse possono manifestarsi nella creazione di un nuovo magazzino (chiamato anche *hub*) o nell'apporto di modifiche a strutture già esistenti.

POST DDMRP

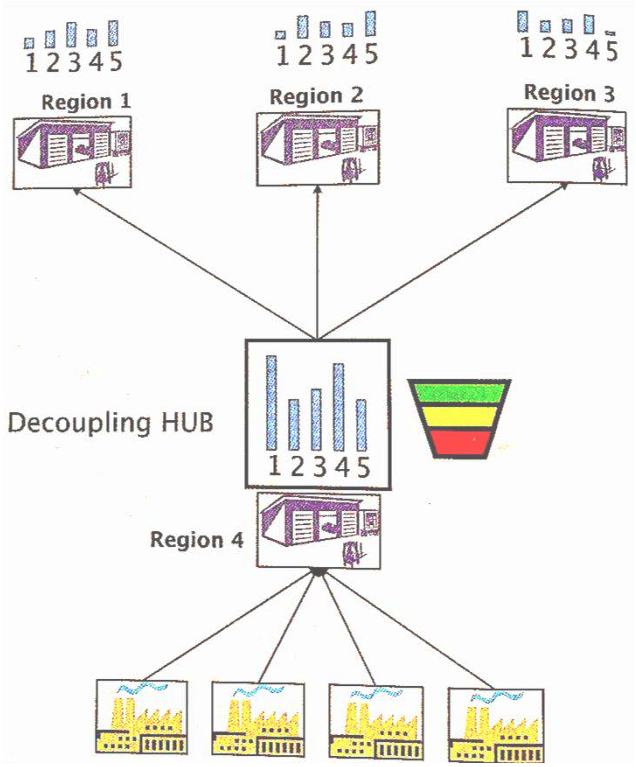


Figura 27: Rappresentazione post DDMRP

Modello DDMRP

Per lo sviluppo del modello DDMRP e la simulazione di un contesto reale è stato necessario effettuare una valutazione qualitativa anziché quantitativa.

La poca adattabilità del contesto aziendale ad un modello nato per realtà automotive con altissimi volumi ed elevati indici di rotazione, non ha consentito l'utilizzo del normale metodo di classificazione dei prodotti (**Analisi di Pareto ABC**). La metodologia consiste nel suddividere tutti i prodotti finiti in 3 categorie: A, B e C.

Ciascuna di esse rappresenta una tipologia di prodotto e la classificazione è basata su 3 fattori: ***volumi***, ***valore economico*** ed ***indice di rotazione***.

I prodotti della classe A vengono definiti ad alto indice di rotazione e normalmente rappresentano un 15-20% del volume totale dei prodotti finiti ma che genera approssimativamente il 75-80% del fatturato. Si tratta della classe più importante e decisiva per l'andamento dell'azienda, per questo motivo è quella su cui si basano e focalizzano le strategie societarie. Risulta di fondamentale importanza evitare a tutti i costi una rottura di stock per questi codici in quanto avrebbe forti ripercussioni sul fatturato aziendale.

Successivamente vi è una parte di prodotti finiti che rappresenta in termini di volume il 30-35% ed un'incidenza sul fatturato del circa 15%. Queste tipologie di codici in magazzino dovrebbero sostare in zone meno accessibili rispetto ai codici della classificazione A in quanto l'indice di rotazione è con ogni probabilità minore.

L'ultima classe di articoli, in termini di volumi, può arrivare a rappresentare il 40-45% del totale, ma è caratterizzata da un basso valore economico e contribuisce al fatturato per un valore che si aggira attorno al 5% o poco più. Questa classe è solitamente quella più trascurata e sulla quale le probabilità di una rottura di stock si incrementano notevolmente.

Per l'applicazione di un modello DDMRP sarebbe ideale partire dalla tipologia A in quanto i prodotti della categoria rappresentano il valore economico maggiore e da cui sarà possibile trarre i maggiori benefici.

Questa *Analisi di Pareto* viene utilizzata prevalentemente in fase di studio progettuale del layout di magazzino per poter classificare le ubicazioni cercando di ottimizzare lo spazio e le risorse a disposizione minimizzando le movimentazioni e la tempistica (seguendo la *Lean Theory*).

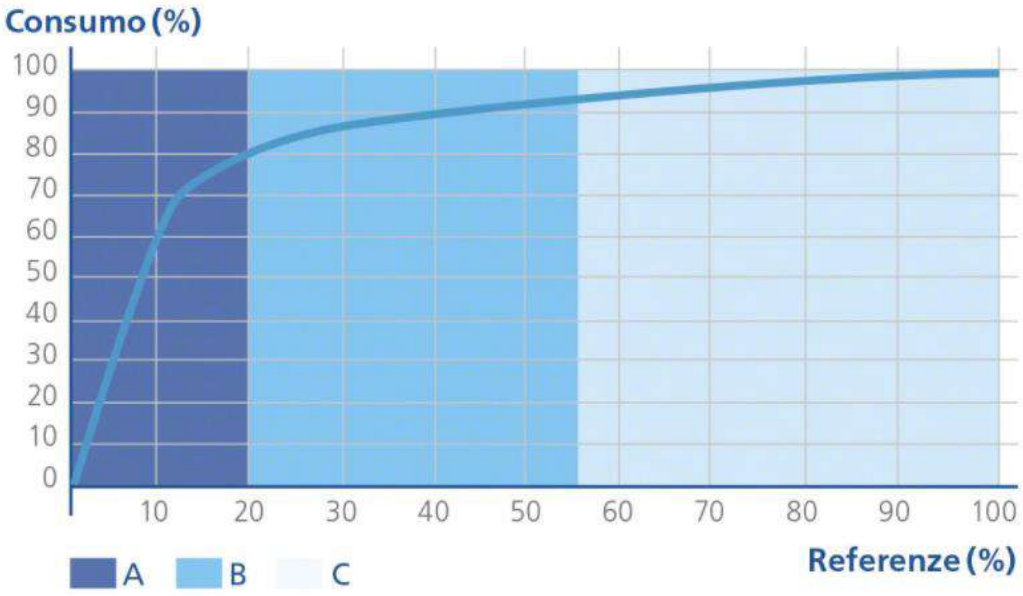


Figura 28: Grafico Analisi di Pareto

La realtà aziendale presa a modello presenta due sole tipologie di articolo, come già indicato in fase iniziale. Per questo motivo per la simulazione si è scelto di utilizzare prodotti ed articoli che non prevedono la vendita al cliente finale, bensì, prodotti intermedi che, una volta assemblati, contribuiscono al normale e corretto funzionamento della gru.

Per un'ottimale riuscita dello studio, per la scelta del codice da analizzare, sono state coinvolte figure di riferimento e con personale aziendale qualificato e di esperienza.

A seguito di analisi iniziali, nelle quali sono state esaminate tutte le distinte base dei codici, si è convenuto sull'adozione del codice "KIT207", per le seguenti motivazioni:

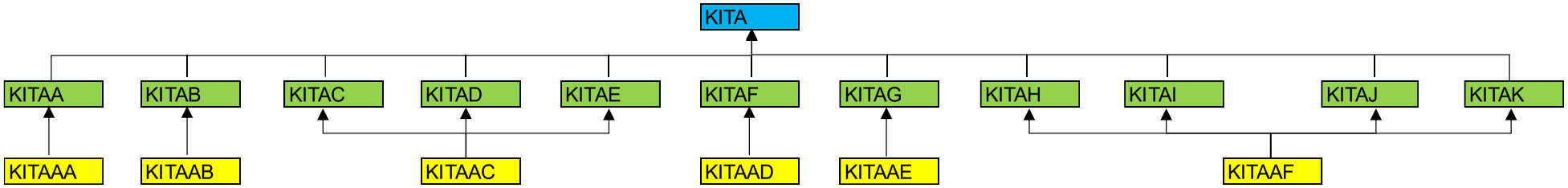
- **Complessità** della distinta (composta da 3 livelli con materie prime che contribuiscono alla realizzazione di più semilavorati sia interni al kit che esterni ed in altri componenti)
- **Eterogeneità** della distinta base (più fornitori con MOQ e LT differenti)
- **Valore economico** totale (calcolato come valore unitario x volumi)

Per rispetto della privacy aziendale si è scelto di utilizzare nomi differenti di cui sotto è riportato una breve legenda:

- Prefisso "KIT***;
- Il numero di lettere dopo la scritta KIT rappresenta il livello della distinta -> KITA sarebbe infatti il KIT207, il secondo livello della distinta presenta due lettere dopo "KIT";
- Per componenti sullo stesso livello si è scelto di utilizzare semplicemente l'ordine alfabetico per l'ultima lettera"

Nella pagina successiva viene quindi riportata l'intera distinta base del codice analizzato:

Distinta originale:



Distinta con buffer DDMRP:

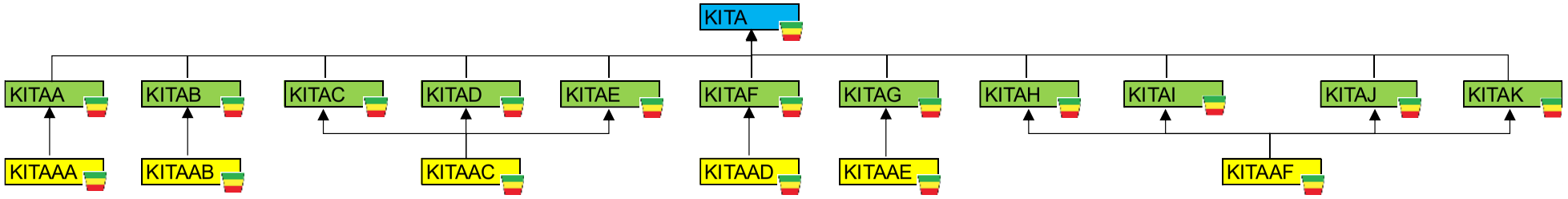


Figura 29: Distinte base codice analizzato

Assunzioni

I bassi volumi aziendali (dovuti alla complessità dei prodotti) non permettono di effettuare una normale simulazione con time bucket giornaliero, inoltre il *Lead Time* di approvvigionamento per circa l'80% dei codici supera i 30 giorni lavorativi.

Altro fattore importante per la scelta della simulazione in settimane, in particolare dalla week 31 (corrispondente alla prima settimana di agosto) è stata l'inaugurazione di un nuovo capannone che ha permesso all'azienda di passare dalle 4 gru/giorno a 6-7 gru/giorno.

Si è scelto di partire da questa settimana e non prima in modo da evitare l'utilizzo di dati della precedente fase transitoria in quanto avrebbero potuto falsare troppo i dati e sarebbe stato quindi complicato individuare gli effetti reali dell'applicazione del modello DDMRP ed isolarli dalle variazioni dovute ai cambiamenti in termini di volumi.

È stato necessario ragionare in termini di settimane per poter trattare maggiori volumi e numeri maggiormente simili ad un contesto *automotive*. Ciò ha comportato la trasformazione di quasi tutti i dati estrapolati dal sistema gestionale, sia per quanto riguarda i consumi, sia per gli arrivi degli ordini, sia per gli ordini di vendita del prodotto finito.

Ricapitolando, le ipotesi del presente lavoro di tesi sono:

- 5 gg/lavorativi a settimana;
- Consegne dai fornitori puntuali;
- Prezzi fissi durante l'intervallo di tempo della simulazione;
- Ordini illimitati.

Analisi distinta base

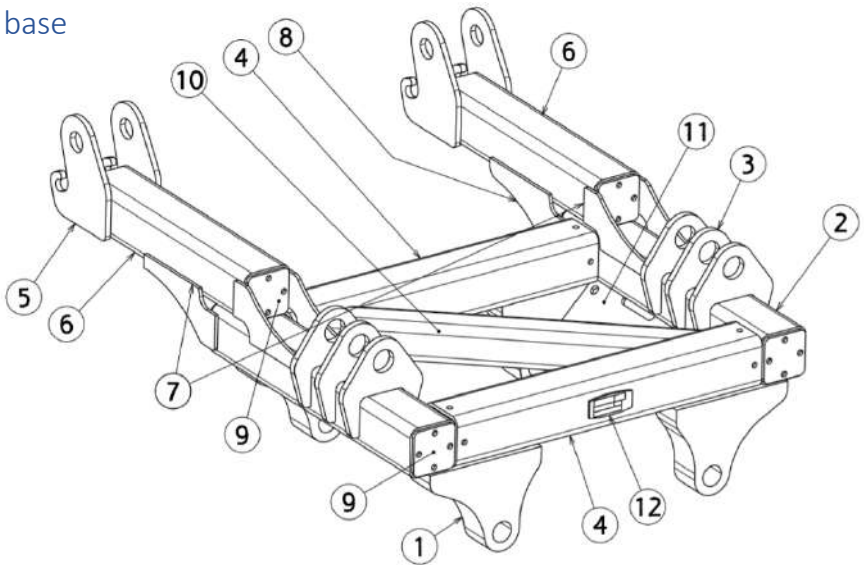


Figura 30: Immagine kit207

Per quanto riguarda l'analisi dei componenti della distinta base, sono state utilizzate due tipologie di approccio, in particolare, per il secondo livello della distinta e dunque per tutti quei codici che assemblati danno vita al prodotto finito, si sono estrapolati i dati dal sistema gestionale aziendale senza particolari difficoltà. Lamiere e tubolari sono infatti acquistati e gestiti a quantità unitarie ed in modo discreto. Per ogni item troveremo infatti un numero di pezzi che serviranno per la composizione dell'insieme superiore.

Come primo studio sono stati riportati i dati basilari di ciascun codice quali:

- Descrizione;
- Codice e nome fornitore (oscurato per privacy aziendale);
- LT di approvvigionamento;
- MOQ (Minimum Order Quantity);
- Prezzo unitario;
- Quantità/item;
- Valore totale (prodotto del prezzo per la quantità).

Codice Tesi	Descrizione	CODICE Fornitore	NOME Fornitore	Planned Deliv. Time	Minimum Order Qty	Order Unit	Net Price [€]	Quantity/ Item	Total Value [€]
KITAA	LAMIERA 10X13	1008278		30	1,000	PC	7,57	4,00	30,28
KITAB	LAMIERA 12X16	1008278		30	1,000	PC	17,80	6,00	106,80
KITAD	TUBOLARE QUA	1015490		30	1,000	PC	25,90	2,00	51,80
KITAE	TUBOLARE QUA	1015490		30	1,000	PC	14,62	2,00	29,24
KITAF	LAMIERA|60X17	1008278		30	1,000	PC	63,81	4,00	255,24
KITAG	TUBOLARE QUA	1015490		30	1,000	PC	17,97	1,00	17,97
KITAH	LAMIERA 6X82X	1008278		30	1,000	PC	6,21	8,00	49,68
KITAI	LAMIERA 6X150	1008278		30	1,000	PC	9,40	2,00	18,80
KITAJ	LAMIERA 6X145	1008278		30	1,000	PC	6,21	2,00	12,42
KITAK	LAMIERA|6X95X	1008278		30	1,000	PC	4,20	6,00	25,20

Tabella 5:Distinta base semilavorati

Da questa prima analisi emerge un dato particolare: tutti i codici di questo livello presentano LT e MOQ uguali tra di loro nonostante i fornitori siano diversi. Per questo livello della distinta il MOQ risulta pressappoco nullo in quanto è possibile ordinare un solo pezzo o qualsiasi altro quantitativo maggiore.

Nella simulazione è stata fatta la seguente assunzione: i quantitativi ordinati devono essere multipli interi del MOQ.

Questo è dettato dal fatto che, in particolare negli item del livello 3, le MOQ presenti a sistema possono rappresentare quantitativi scelti per ottimizzare le unità di imballo e/o il trasporto di esse.

Non è possibile attuare una procedura simile per il livello inferiore, il III, il cosiddetto livello delle materie prime. Per molte di queste materie prime, nel nostro caso tutte, la quantità utilizzata e riportata nella distinta non è discreta, ma bensì continua, con valori tutti diversi tra loro.

Si è optato di trasformarle in quantità discrete cercando di approssimare al meglio in modo da rendere la simulazione attendibile ed in linea con i quantitativi reali.

I passaggi seguiti sono i seguenti:

1) La singola unità di misura (m o m^2) è stata divisa in 4 sottounità per permettere 4 approssimazioni per ogni unità di misura;
2) È stato calcolato il prezzo delle sottounità semplicemente dividendo il prezzo unitario estrapolato da sistema per 4;
3) Si è arrivati ad il valore finale mediante il prodotto quantità per prezzo;

CODICE	Qtà	Qtà TRASF	Prezzo/UM	Prezzo TRASF	MOQ	LT (gg)
KITAAA	2,08 m^2	8	1,412	0,353	1000	10
KITAAB	1,25 m^2	5	1,412	0,353	1000	10
KITAAC	0,58 m	2	26,75	6,688	12	30
KITAAC	0,61 m	2	26,75	6,688	12	30
KITAAC	0,46 m	2	26,75	6,688	12	30
KITAAD	2,03 m^2	8	1,175	0,294	7075	30
KITAAE	0,672 m	3	19,49	4,873	12	30
KITAAF	0,64 m^2	3	1,379	0,345	377	30
KITAAF	4,387 m^2	18	1,379	0,345	377	30
KITAAF	1,59 m^2	6	1,379	0,345	377	30
KITAAF	1,04 m^2	4	1,379	0,345	377	30

Tabella 6: Distinta base materie prime

Per le materie prime il discorso dei MOQ (*Minimum Order Quantity*) cambia notevolmente, si passa da ordini minimi di 12 unità ad altre di 7075.

Come intuibile dal grafico della distinta base vi sono diverse MP comuni, elemento da tenere in considerazione per quando verranno effettuati i calcoli per consumi medi ed ordini di vendita.

Calcolo AWU (Average Weekly Unit)

Il passaggio successivo è rappresentato dal calcolo dell'AWU (*Average Weekly Usage*) che descrive il consumo medio settimanale dei diversi codici.

Il risultato ottenuto è illustrato nella seguente tabella:

ANALISI CON TIME BUCKET SETTIMANALE								
LIVELLO	Codice	TOT week 40	TOT week 41	TOT week 42	TOT week 43	TOT week 44	TOT week 45	**AWU [pc/week]**
.1	KITA	59	62	62	62	62	66	62
.2	KITAA	276	248	260	268	280	264	266
.2	KITAB	414	372	390	402	420	396	399
.2	KITAC	138	124	130	134	140	132	133
.2	KITAD	138	124	130	134	140	132	133
.2	KITAE	138	124	130	134	140	132	133
.2	KITAF	276	248	260	268	280	264	266
.2	KITAG	69	62	65	67	70	66	67
.2	KITAH	552	496	520	536	560	528	532
.2	KITAI	138	124	130	134	140	132	133
.2	KITAJ	138	124	130	134	140	132	133
.2	KITAK	414	372	390	402	420	396	399
.3	KITAAA	120.609	116.903	127.782	126.753	145.250	156.380	132.280
.3	KITAAB	96.982	95.519	98.497	95.488	111.421	122.746	103.442
.3	KITAAC	468	468	452	514	608	592	517
.3	KITAAD	7.791	7.312	8.350	8.350	8.869	7.990	8.110
.3	KITAAE	262	262	253	288	340	331	289
.3	KITAAF	189.512	185.877	202.232	209.481	247.064	262.505	216.112

Tabella 7: calcolo AWU

Come intuibile dai dati riportati nella tabella, per i livelli 2 ed i livelli 3 della distinta vi sono valori che si discostano notevolmente dalla media dello stesso livello di appartenenza.

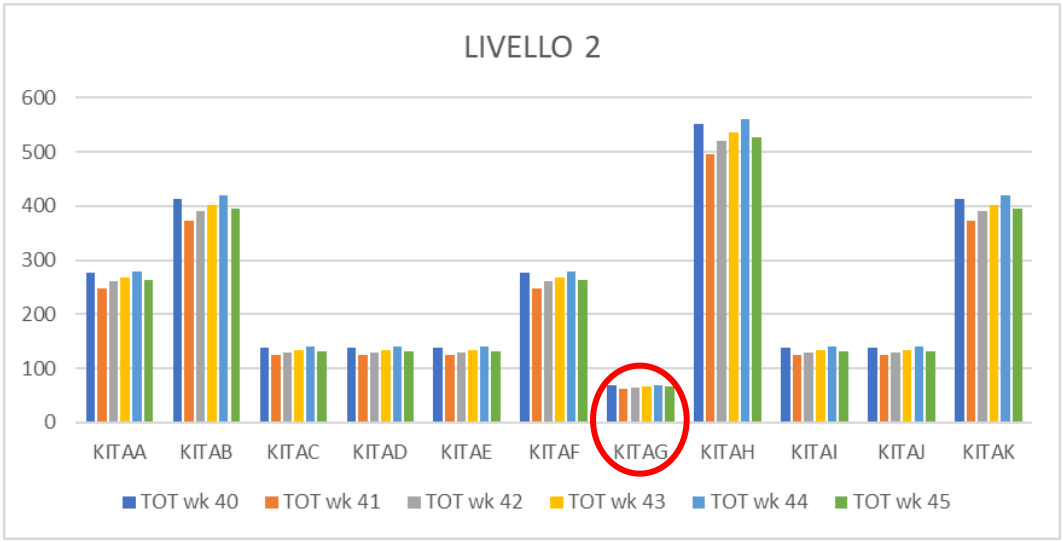


Figura 31: Grafico andamento scorte semilavorati

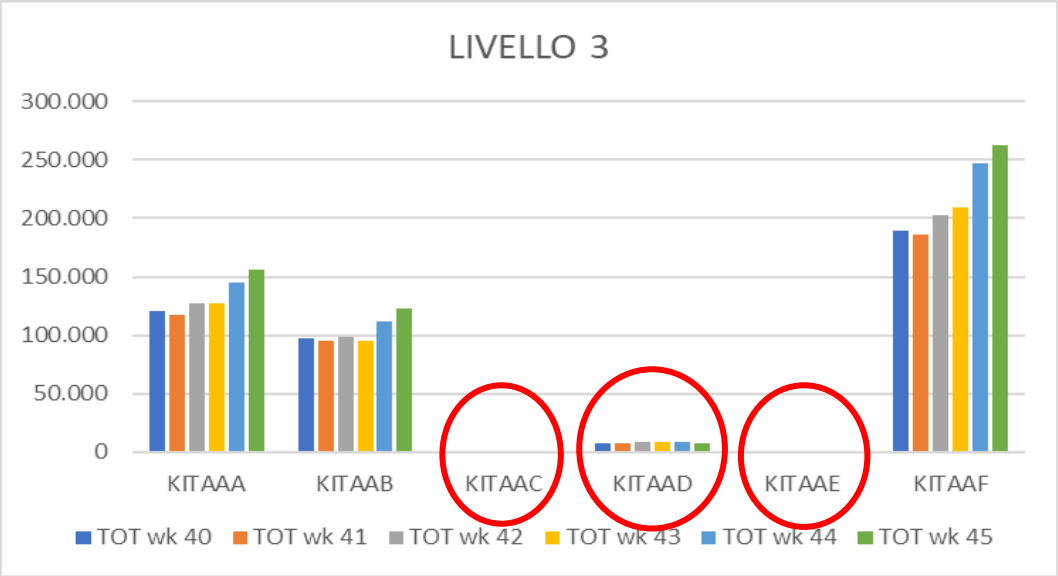


Figura 32: Grafico andamento scorte materie prime

Per il calcolo del consumo medio giornaliero e, di conseguenza quello settimanale, sono stati adottati due ragionamenti diversi in funzione del fatto che i codici del livello II sono utilizzati solamente per questo KIT207, per i restanti codici invece i dati utilizzati sono stati ricavati dal software aziendale (queste materie prime hanno un maggior impiego data la molteplicità di prodotti su cui vengono utilizzate).

Ricercando il più possibile una verosimiglianza con la realtà, si è cercato di analizzare le sei settimane (dalla 40 alla 45 compresa) utilizzando sia dati passati che futuri (previsioni) e, per le restanti settimane, si è deciso di utilizzare una media matematica dei valori ricavati nelle settimane analizzate.

Per ogni time bucket, infatti, si può osservare come il valore ottenuto sia una media tra i dati delle 9 week precedenti sommati al consumo corrente ed alla stima delle 3 settimane successive.

Come inoltre accennato in fase iniziale del lavoro, una più accurata stima deve tenere conto di dati passati e futuri cercando di attribuire il giusto valore in relazione al tempo intercorso tra l'analisi e la ripresa dei dati. Nel presente elaborato, si è scelto di attribuire alle stime future un peso equivalente a 1/3 rispetto ai dati passati che si hanno già a disposizione.

Tutti i dati con unità di misura settimanale saranno trasformati in giornalieri per facilitare successivi dimensionamenti dei *buffer* di disaccoppiamento.

Decoupling Lead Time

Il Decoupling Lead Time è uno degli elementi essenziali e necessario per l'applicazione del modello DDMRP. Dal DLT di ciascun item calcolato in fase iniziale provengono infatti tutti i successivi calcoli e valori ricavati.

Il valore del DLT indica la quantità di tempo che intercorre tra l'emissione di un ordine e la successiva ricezione; è in funzione della tipologia del prodotto preso in considerazione e del livello della distinta base in cui giace.

Generalmente, per ciascuna realtà aziendale, i prodotti movimentati all'interno possono essere classificati in 3 categorie:

1) **Prodotti finiti**: codici che rappresentano i prodotti destinati alla vendita al cliente finale e dotati ciascuno di un prezzo di vendita;

2) **Intermedi**: normalmente definiti come semilavorati, rappresentano quei codici che vengono lavorati/assemblati all'interno dell'azienda. il DLT di questi prodotti dipende da dove sono posizionati i buffer, può coincidere con il *Purchasing DLT* come può essere rappresentato dalla somma del DLT dei sottocomponenti utilizzati.

3) **Acquisti puri**: codici acquistati da uno o più fornitori con l'intento di utilizzarli per la propria produzione e trasformarli in prodotti finiti da poter vendere al cliente. Il DLT in questo caso coinciderà con il *Purchasing DLT.*

Nella nostra simulazione, dato che si dovrà adattare la simulazione al contesto lavorativo, non sarà possibile applicare il modello a prodotti finiti e lavorare su una distinta complessa come quella che può essere quella di una gru completa. Per questo motivo si è deciso di cercare un componente lavorato internamente che possa essere utilizzato come prodotto finito e che abbia una distinta formata da almeno tre livelli.

In questo modo si troveranno prodotti intermedi (livello II) e prodotti acquistati quali materie prime (livello III).

Buffer di disaccoppiamento

Dopo l'analisi delle distinte e dei calcoli sul consumo dei codici utilizzati nella simulazione, si passa quindi alla fase operativa del modello.

La scelta del posizionamento dei buffer di disaccoppiamento è il primo passo da dover effettuare, rappresenta un punto fondamentale in quanto stabilisce i vincoli con cui verranno effettuati gli ordini di acquisto. È la prima vera scelta strategica dell'azienda, gli attori principalmente coinvolti sono: l'ufficio acquisti, la logistica e l'ufficio pianificazione della produzione.

Occorre poi dimensionare ciascun *buffer*. Un sovradimensionamento dei buffer potrebbe comportare minori probabilità di *stock-out* e, allo stesso tempo, livelli di stock maggiori con tutti i rischi annessi (es. capitale immobilizzato esposto a potenziali rischi quali eventi catastrofici, oppure semplicemente il rischio di obsolescenza e problemi che andranno a manifestarsi nella qualità dei codici gestiti).

Contemporaneamente sottodimensionare i buffer aumenta la probabilità di merce invenduta oppure l'impossibilità nell'effettuare determinate lavorazioni per la mancanza di determinati particolari.

Qualsiasi azienda che si trovi in fase decisionale può utilizzare come criteri di scelta sei fattori critici:

1) ***Customer Tolerance Time***: rappresenta la quantità di tempo che mediamente un cliente è disposto a tollerare, esso intercorre tra il momento in cui viene emesso l'ordine di acquisto ed il momento in cui riceve il prodotto desiderato. Superata questa soglia il cliente decide di rifornirsi da un nuovo competitor.
   Questo valore dovrà sicuramente essere maggiore della somma tra il tempo di approvvigionamento della materia prima ed il tempo di produzione necessario.

2) ***Market Potential Lead Time***: è la capacità a monte del sistema di reagire ed affrontare cambiamenti relativi alle condizioni di mercato. Risulta determinante per la scelta nello sfruttare determinati momenti per aumentare i profitti e cogliere eventuali opportunità.

3) ***Sales Order Visibility Horizon***: indica la frazione di tempo durante la quale vengono resi noti gli ordini dei clienti. Maggiore è questo lasso temporale, meno saranno i *buffer* di disaccoppiamento, in quanto i dati a disposizione risulteranno essere molto accurati. È un

fattore essenziale per il DDMRP perché sta alla base del funzionamento del sistema e risulta essere fattore determinante per la scelta del modello. Per quanto riguarda la fase di *planning* la pianificazione dei materiali non avviene più su semplici previsioni, ma bensì su veri e propri ordini di acquisto.

4) ***External Variability***: fattore che tiene in conto principalmente due tipi di variabilità: domanda e fornitura. Per il primo caso si tiene conto dei picchi di domanda presenti in un determinato intervallo temporale, questo può essere calcolato sfruttando strumenti e metodologie derivanti dalla statistica. Se questa variabilità si riferisce al prodotto finale dell'azienda, lo stesso si può fare dal punto di vista delle materie prime e di conseguenza degli approvvigionamenti.
   La variabilità con la quale un determinato fornitore può procurare materiale risulta determinante ai fini del dimensionamento del *buffer*, maggiore sarà la variabilità maggiore dovrà essere il *buffer* per prevenire eventuali *stock out*.

5) ***Inventory Leverage and Flexibility***: per questo fattore è necessario avere una visione strettamente tecnica dei prodotti sui quali si sta lavorando, in quanto, alcuni di essi, potrebbero essere decisivi per rendere l'intera filiera più flessibile. Determinati codici che vanno a comporre un maggior numero di prodotti finiti sono i candidati principali alla gestione con *buffer* di disaccoppiamento; solitamente coincidono con i codici ai quali è necessario comprimere il più possibile il LT.
   Eliminare o ridurre l'incertezza di alcuni codici critici potrebbe portare benefici ad una moltitudine di prodotti finiti.

6) ***Critical Operation Protection***: parametro utilizzato per tutti i codici che sono caratterizzati da problematiche legate alla qualità, difettosità, difficoltà nella produzione o di irreperibilità sul mercato.
   Anche in questo caso si tratta di una scelta strategica.

Grazie all'utilizzo di queste linee guida ciascuna azienda sarà in grado di determinare, per ciascun codice, se necessario o meno un *buffer* di disaccoppiamento ed in tal caso le dimensioni del determinato *buffer*.

File “Buffer”

Green Zone

La zona verde è la base del processo di generazione degli ordini. Nello specifico è in grado di determinare la frequenza degli ordini emessi e la loro dimensione media.

L’ampiezza di questa zona può essere definita da una delle tre seguenti modalità: *Minimum Order Cycle, Lead Time Factor* e *Minimum Order Quantity*. La reale dimensione del *buffer* sarà determinata in relazione al valore che che si presenterà come maggiore tra i tre fattori sovraindicati ed analizzati di seguito:

Green Zone Size = max (MOC; LTF; MOQ)

- **MOC** (**Minimum Order Cycle**): rappresenta il numero di giorni che intercorrono tra due ordini successivi. A volte questo valore può non essere rappresentato dal numero di giorni medio, ma bensì può essere imposto dalla propria azienda o dal fornitore. Il calcolo del MOC è comunque composto dalla moltiplicazione dell’ADU (*Average Daily Unit*) per il numero giorni del ciclo ordini.

- **LTF** (**Lead Time Factor**): valore definito da determinati parametri e che dipende dal *lead time* del fornitore a cui si fa riferimento per l’acquisto dell’item:

Decoupling Lead Time (days)	***Level***	***LT factor***
0 ≤ DLT ≤ 10	Low	0,7
11 ≤ DLT ≤ 25	Medium	0,5
26 ≤ DLT	High	0,3

Tabella 8: Parametri LT factor

  Questi valori possono variare e sono facilmente personalizzabili in base a: caratteristiche codici interessati, origine e provenienza fornitori, storico sui ritardi, ecc..

- **MOQ** (**Minimum Order Quantity**): quantità minima per poter procedere all’acquisto, solitamente a discrezione del fornitore, ma a volte può essere determinata da questioni di praticabilità e logistica, come ottimizzazione degli imballaggi (es. numero corretto di colli per un singolo pallet)

Yellow Zone

La zona gialla interessa soprattutto il magazzino. Questo *buffer* deve rappresentare la quantità minima necessaria a soddisfare la domanda media del cliente durante il *decoupling lead time*. Per il calcolo della *Yellow Zone* è necessario disporre dei seguenti dati: ADU (*Average Daily Usage*) e DLT (*Decoupling Lead Time*).

$$\textit{Yellow Zone Size} = \textit{ADU} \times \textit{DLT}$$

Red Zone

La zona rossa garantisce la sicurezza del *buffer*. Maggiore è la variabilità associata al codice, maggiore sarà questa zona di sicurezza. Per il dimensionamento di questa zona è prevista la somma dei seguenti contributi:

- **Red base**: "scorta di sicurezza" ricavata mediante la moltiplicazione del *fattore lead time* per il *lead time* ed il consumo medio giornaliero. È osservabile come il fattore del *lead time* presenta parametri simili a quelli utilizzati per la Green Zone, ma con numeri leggermente differenti.

L'equazione per quanto riguarda la Red Base è la seguente:

$$\textit{Red Base} = \textit{ADU} \times \textit{DLT} \times \textit{LTfactor}$$

- **Red Safety**: calcolata come una percentuale della Red Base, consente di considerare la variabilità interna (lato produzione) ed esterna (domanda cliente finale) in unico fattore definito come *Variability Factor*.

$$\textit{Red Safety} = \textit{ADU} \times \textit{DLT} \times \textit{LTfactor} \times \textit{Variability Factor}$$

In conclusione, avremo dunque:

$$\textit{Red Zone Size} = \underbrace{\textit{ADU}*\textit{DLT}*\textit{LTf}}_{\text{Red Base}} + \underbrace{\textit{ADU}*\textit{DLT}*\textit{LTf}*\textit{VariabiltyFactor}}_{\text{Red Safety}}$$

Le tre zone del buffer che saranno utilizzate e prese come riferimento saranno le seguenti:

- **TOG** (Top of Green): estremo superiore del buffer, rappresentato dalla somma delle tre zone illustrate precedentemente:

$$TOG = Red\ Zone + Yellow\ Zone + Green\ Zone$$

- **TOY** (Top of Yellow): livello di buffer che separa la Green Zone dalla Yellow Zone:

$$TOY = Red\ Zone + Yellow\ Zone$$

- **TOR** (Top of Red): estremo superiore della Red Zone che separa questa zona dalla Yellow Zone:

$$TOR = Red\ Zone$$

Un esempio pratico di quanto appena descritto:

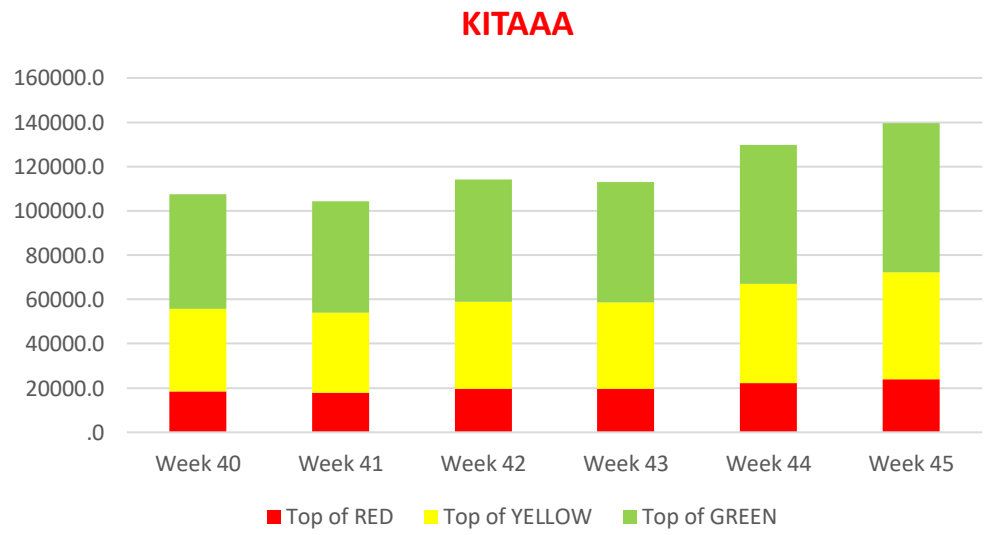


Figura 33: Buffer KITAAA

Per il codice in oggetto si può facilmente osservare come i vari *buffer* subiscano variazioni settimanali, in questo caso presentando un trend positivo.

Codice	ADU	MOC	MOQ	ADU*MOC	ADU*DLT*LTF	Green Zone	Yellow Zone	Red Base	Red Safety	Red Zone	TOR	TOY	TOG	Livello Totale buffer
KITAB	6,37	3	1	19,11	57,32	57	191	57	43	100	100	291	349	349
KITAF	4,25	2	1	8,49	38,22	38	127	38	29	67	67	194	232	232
KITAG	1,06	2	1	2,12	9,55	10	32	10	7	17	17	49	58	58
KITAH	8,49	5	1	42,46	76,43	76	255	76	57	134	134	389	465	465
KITAAA	1855,53	8	1.000	14.844,24	12.988,71	14.844	18.555	14.844	3.711	18.555	18.555	37.111	51.955	51.955
KITAAB	1616,37	7	1.000	11.314,58	11.314,58	11.315	16.164	11.315	2.829	14.143	14.143	30.307	41.621	41.621
KITAAC	9,35	5	12	46,77	84,19	84	281	84	63	147	147	428	512	512
KITAAD	141,65	14	7.075	1.983,09	1.274,84	7.075	4.249	7.075	5.306	12.381	12.381	16.631	23.706	23.706
KITAAE	5,23	5	12	26,16	47,09	47	157	47	35	82	82	239	286	286
KITAAF	2915,57	6	377	17.493,39	26.240,09	26.240	87.467	26.240	19.680	45.920	45.920	133.387	159.627	159.627

Tabella 9: Dimensionamento buffer

Come raffigurato nella tabella, si può osservare il procedimento che ha portato al dimensionamento del *buffer* appena descritto. Si parte da due semplici dati come ADU e MOC per poter arrivare a calcolare la Green Zone. Successivamente utilizzando il valore del DLT (in figura non rappresentato per motivi di spazio) si ricava la Yellow Zone per poi concludere con la Red Zone, ricavata dalla somma della Red Base + Red Safety.

File "Arrivi"

In questo file sono stati estrapolati i dati giornalieri dei singoli arrivi dal database aziendale. Per ogni codice è riportata la data e la quantità di ciascun ingresso merce dalla data di nostro interesse in poi (04 agosto 2021). Purtroppo, non è stato possibile estrapolare tutti gli arrivi di tutti i codici in quanto, per alcuni caricamenti, sono incorse alcune problematiche riguardanti le bolle, ciò ha comportato un errato caricamento a sistema con conseguente necessità di trascrizione dei singoli valori a meno sul file.

Dato che il gestionale lavora con *time bucket* giornaliero, è stato necessario creare una tabella pivot in grado di aggregare le quantità settimanalmente, in modo tale da rendere i dati più facilmente applicabili al nostro modello.

Per la simulazione si è deciso di tenere conto degli arrivi delle prime sei settimane; per le successive settimane gli arrivi dipendono dal DDMRP. Si è deciso di operare in questo modo così da poter simulare una situazione reale con un periodo di assestamento o transitorio del modello; non sarebbe possibile poterlo applicare da un giorno all'altro.

Un esempio del file appena descritto può essere il seguente:

Code	Posting Date	Qty in Un. of Entry	Week
KITAF	04/08/2021	24,000	31
KITAAD	04/08/2021	7,340	31
KITAAD	04/08/2021	7	31
KITAAF	04/08/2021	29,680	31
KITAAA	20/08/2021	21,348	33
KITAF	24/08/2021	24,000	34
KITAAA	24/08/2021	82,040	34
KITAAB	01/09/2021	11,304	35
KITAAF	01/09/2021	5,276	35
KITAAF	01/09/2021	4,522	35
KITAAF	01/09/2021	5,737	35
KITAAF	01/09/2021	2,177	35
KITAAA	01/09/2021	26,376	35
KITAAA	01/09/2021	18,840	35
KITAAA	01/09/2021	8,792	35
KITAAA	01/09/2021	4,669	35
KITAAA	01/09/2021	21,707	35
KITAF	02/09/2021	32,000	35
KITAAB	10/09/2021	26,376	36
KITAAB	10/09/2021	11,768	36
KITAAB	10/09/2021	14,608	36
KITAAF	10/09/2021	7,686	36
KITAAF	10/09/2021	26,376	36
KITAAF	10/09/2021	8,489	36
KITAAF	10/09/2021	17,887	36
KITAAA	10/09/2021	10,115	36
KITAAA	10/09/2021	12,493	36
KITAF	11/09/2021	142,000	36

Tabella 10: Arrivi

File “Sales Order”

Ragionamento simile a quanto fatto per il file degli “Arrivi” può essere applicato per la stesura del file *Sales Order,* con una sola differenza: i codici intermedi (semilavorati) sono stati trattati in modo differente rispetto alle materie prime.

Infatti, per i semilavorati in questione, si è osservato, come già anticipato precedentemente, che il loro impiego è esclusivo per il codice padre “KIT207” e non sono utilizzati in alcun altro codice.

In questo caso, infatti, per la domanda di ciascun sottocomponente, è stata utilizzata la domanda del padre che è stata trasformata utilizzando il coefficiente di impiego.

Per quanto riguarda le materie prime invece non è stato possibile applicare un metodo simile, in quanto sono codici comuni a numerosi altri prodotti ed occorre quindi, per ciascuno di essi,

esportare i dati necessari dal database aziendale. Anche in questo caso, per ciascun codice è stata calcolata la domanda o fabbisogno necessario alla produzione per settimana.

File "Dati"

In questo file si è cercato di riprodurre una fotografia della situazione reale durante l'intervallo temporale della simulazione, dalla week 31 alla 48.

Si sono estrapolati tutti i dati possibili dal gestionale e si è riportato tutto nelle tabelle che verranno ora descritte.

Un primo foglio Excel "**On-Hand**" rappresenta l'inventario fisico a magazzino, per questo foglio sono stati riportati solamente i dati in riferimento alla week 30, per le successive è invece stata utilizzata la seguente formula:

$$OnHand\ (t) = OnHand(t-1) + Arrivi\ (t) - SalesOrder\ (t)$$

Per il Foglio "**Sales Order"**, per i beni intermedi (livelli II della distinta) in base ai coefficienti di impiego sono stati calcolati gli "ordini di vendita" (nel nostro caso più che ordine di vendita si è considerato il fabbisogno) in relazione al fabbisogno del codice padre.

Per le materie prime invece sono stati estrapolati i dati dal software aziendale.

Il foglio "**On-Order**" riporta gli arrivi successivi agli *n* time bucket successivi (*n* indica le settimane di lead time es. LT = 30 gg lavorativi-> n = 6)

Anche per il foglio "**Arrivi**" i dati sono stati esportati dal gestionale aziendale.

Infine, è stato creato un file "**Risultati MRP**" che riporta un quadro complessivo di quanto avvenuto nelle 18 settimane in modo da poter poi confrontare i risultati una volta che, a questi dati iniziali di partenza, verrà applicato il modello DDMRP.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

codice rif	NUM. ORDINI	GIACENZA MEDIA	PREZZO UNITARIO	VALORE MAGAZZINO/WEEK
KITAA	8	43	7,57 €	326,31 €
KITAB	12	53	17,80 €	948,08 €
KITAC	7	61	19,55 €	1.192,55 €
KITAD	7	52	25,90 €	1.339,98 €
KITAE	8	46	14,62 €	668,67 €
KITAF	10	80	63,81 €	5.114,88 €
KITAG	6	34	17,97 €	617,60 €
KITAH	14	58	6,21 €	360,18 €
KITAI	9	49	9,40 €	465,05 €
KITAJ	9	33	6,21 €	202,97 €
KITAK	11	55	4,20 €	229,89 €
KITAAA	13	200.305	1,41 €	282.830,01 €
KITAAB	7	51.788	1,41 €	73.125,26 €
KITAAC	2	992	26,75 €	26.534,39 €
KITAAD	5	29.133	1,18 €	34.231,02 €
KITAAE	2	270	19,49 €	5.259,10 €
KITAAF	11	93.402	1,38 €	128.801,67 €
		Totale		**562.247,62 €** /week

Tabella 11: Risultati MRP

Per ciascun codice è stato riportato il numero di ordini effettuato e la giacenza media a magazzino. Avendo il prezzo unitario è stato successivamente calcolato il valore monetario di ciascun codice presente nella distinta.

Come si può osservare dai valori ottenuti si ha in media uno stock di oltre 560.000 €/settimana, questo per circa il 97,5% dipende dalle materie prime e quindi gli ultimi 6 codici.

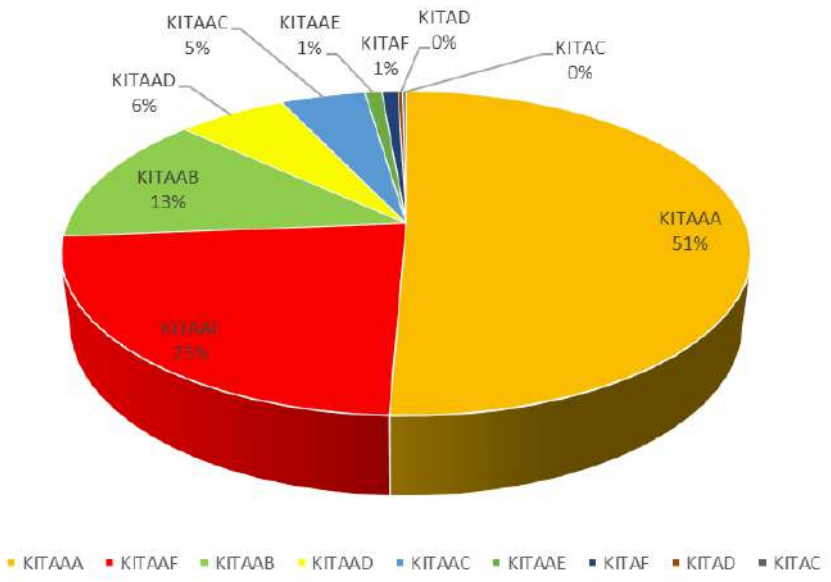


Figura 34: Distribuzione valore economico tra i codici analizzati

La distribuzione del valore all'interno della distinta è altamente eterogenea, vi è un solo codice (KITAAA) che da solo rappresenta oltre il 50% del valore totale. È chiaro come sia opportuno, per uno studio di fattibilità ed applicabilità del modello, partire da questi codici, risulterebbe poco produttivo cercare risposte in codici che valgono lo 0,05% del valore totale.

Per quanto riguarda la frequenza degli ordini emessi non si notano particolari incongruenze, anche tra componenti simili vi sono codici con un'alta frequenza di ordini ed altri con una minore.

In particolare, in questo grafico, è evidenziata la differenza tra i componenti intermedi (blu) e le materie prime (arancione):

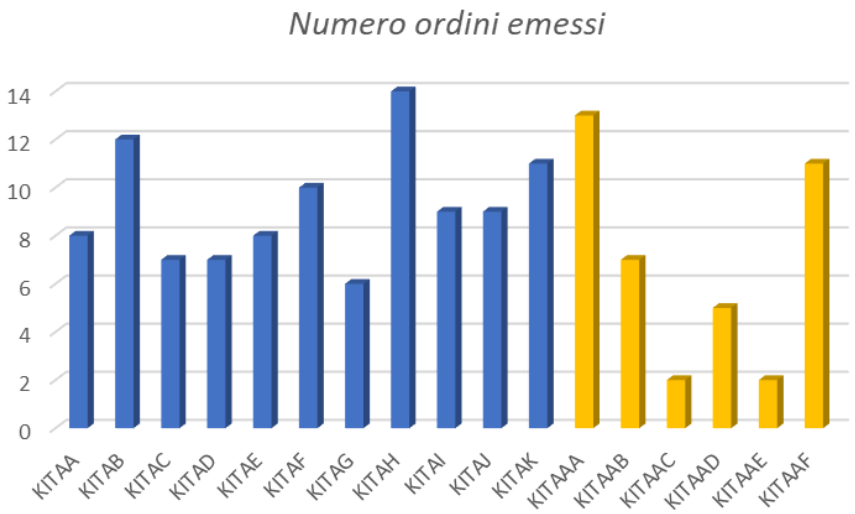


Figura 35: Ordini emessi

File "DDMRP"

Elemento centrale dell'intera simulazione, racchiude i dati di tutti gli altri file rappresentando così l'andamento degli ordini nel caso in cui venisse utilizzato il DDMRP in azienda.

In questo file sono riportati 3 fogli Excel, essi riportano rispettivamente i dati relativi ad "Arrivi", "Ordini" e "Sales Order", inoltre è presente un foglio per ciascun *time bucket* analizzato (dalla week 31 alla 48).

Per ciascun part number della distinta sono visualizzate in ordine le seguenti informazioni:

1) **MOQ** (Minimum Order Quantity);
2) **LT** (Lead Time);
3) **Green Zone;**
4) **Yellow Zone;**

5) **Red Zone;**
6) **OSH** (Order Spike Horizon): indica l'intervallo temporale all'interno della quale la domanda cumulativa giornaliera può essere qualificata come picco, nel caso in superi il limite imposto dall'OST;
7) **OST** (Order Spike Threshold): soglia che, se superata, sancisce un picco di domanda e può essere calcolata in più modi diversi:
    1- Può essere calcolata in relazione alla Red Zone come una percentuale (es. 30, 40, 50%);
    2- In alternativa si può porre questo valore come uguale alla Red Base;
    3- Si può assegnare un valore percentuale della Red Base (nel nostro caso è stato scelto questo metodo e si è imposto il 50%);
8) **TOR** (Top Of Red);
9) **TOY** (Top Of Yellow);
10) **TOG** (Top Of Green);
11) **ON HAND** (t-1): indica la giacenza fisica nel magazzino nel *time bucket* precedente;
12) **ON ORDER** (t-1): indica la quantità in ordine nel *time bucket* precedente;
13) **SALES ORDER**: domanda di vendita o richiesta fabbisogno del codice;
14) **DELTA SPIKES 1**: calcolato come differenza tra il TOR attuale ed il SALES ORDER del *time bucke*t successivo;
15) **DELTA SPIKES 2:** calcolato come differenza tra il TOR attuale ed il SALES ORDER di due *time bucket* successivi;
16) **Net Flow:** equazione principale del modello che fornisce il segnale per la generazione degli ordini. L'equazione è la seguente:

$$Net\ Flow\ (t) = ON\ HAND\ (t-1) + ON\ ORDER\ (t-1) - SALES\ ORDER\ (t)$$

In questa equazione si fa dunque riferimento a dati relativi sia al passato che al presente. In particolare, vengono sommate la quantità fisica a magazzino e la quantità già in ordine del periodo precedente. A questa somma è sottratto il valore corrispondente alla domanda relativa al *time bucket* attuale. Così facendo si riesce a realizzare una panoramica sulla situazione generale dell'andamento delle scorte, ciò che si è già ottenuto, ciò che arriverà

nell'immediato futuro e ciò che invece sarà venduto a breve. Questo parametro consente una maggiore lucidità di azione sulle scelte degli ordini;

17) **On Hand**: per calcolare la giacenza fisica di materiale in stock occorre eseguire la seguente operazione:

$$ON\ HAND\ (t) = ON\ HAND\ (t-1) + ARRIVI\ (t) - SALES\ ORDER\ (t)$$

La formula risulta essere simile a quella utilizzata per il calcolo nella *Net Flow Position* con la sola differenza che, al posto degli ordini del periodo precedente, si considerano gli arrivi nel *time bucket* attuale;

18) **Planning Priority**: rapporto tra *Net Flow* e *Top Of Green* con l'intento di indicare lo scostamento del flusso netto dal valore ottimale del *buffer*.
Minore sarà la percentuale di questo rapporto, maggiore sarà la differenza tra i due valori. Questa percentuale, infatti, stabilisce le priorità per l'emissione degli ordini tra i vari codici analizzati.
Nel nostro modello si è cercato di ordinare tutti quei codici la cui priorità risultasse inferiore al 90% cercando di non considerare contemporaneamente più di 6/7 codici onde incorrere in problematiche di sovraffollamento dei magazzini ed eventuali problemi nella ricezione delle merci;

19) **Ordine Teorico**: rappresenta la quantità di differenza tra il livello ottimale (*Top of Green*) e la *Net Flow Position*;

20) **Ordine effettivo**: approssimazione alla MOQ od all'intero superiore, rappresenta la quantità dell'articolo che verrà effettivamente ordinata tenendo conto dei vincoli imposti dall'azienda e/o dal fornitore;

21) **Coefficiente d'ordine**: rapporto tra ordine teorico ed ordine effettivo;

22) Infine, nel caso si decida di emettere l'ordine verranno compilate le ultime 3 colonne riportanti:
    - **Data Emissione:** coincide con il *time bucket* in cui si decide di emettere l'ordine;
    - **DLT:** indica i numeri di giorni che intercorrono tra l'emissione dell'ordine e la sua ricezione;
    - **Data Ricezione:** indica il *time bucket* in cui verrà ricevuto l'ordine emesso.

Es. Foglio Excel DDMRP_Week 31

codice rif	MOQ	LT (gg)	Green Zone	Yellow Zone	Red Zone	OSH (gg)	OST	TOR	TOY	TOG	ON HAND (t-1)	ON ORDER (t-1)	SALES ORDER (t)	Deltaspikes1	Deltaspikes2	Net Flow	On Hand	Planning Priority	Ordine Teorico	Ordine Eff	Ordine Coeff	Data Emissione	DLT (gg)	Data Ricezione
KITAA	1	30	36,83	122,77	64,45	10	32,23	64,45	187,22	224,05	64	79	40	64,45	64,45	103,00	24,00	45,97%	121,05	122,00	99,22%	wk 31	30	wk 37
KITAB	1	30	55,25	184,15	96,68	10	48,34	96,68	280,83	336,08	48	158	60	96,68	96,68	146,00	12,00	43,44%	190,08	191,00	99,52%	wk 31	30	wk 37
KITAC	1	30	18,42	61,38	32,23	10	16,11	32,23	93,61	112,03	38	68	20	32,23	32,23	86,00	18,00	76,77%	26,03	27,00	96,40%	wk 31	30	wk 37
KITAD	1	30	18,42	61,38	32,23	10	16,11	32,23	93,61	112,03	38	66	20	32,23	32,23	84,00	18,00	74,98%	28,03	29,00	96,64%	wk 31	30	wk 37
KITAE	1	30	18,42	61,38	32,23	10	16,11	32,23	93,61	112,03	38	79	20	32,23	32,23	97,00	18,00	86,59%						
KITAF	1	30	36,83	122,77	64,45	10	32,23	64,45	187,22	224,05	60	122	40	64,45	64,45	142,00	44,00	63,38%	82,05	83,00	98,86%	wk 31	30	wk 37
KITAG	1	30	9,21	30,69	16,11	10	8,06	16,11	46,81	56,01	19	41	10	16,11	16,11	50,00	9,00	89,26%						
KITAH	1	30	73,66	245,54	128,91	10	64,45	128,91	374,45	448,11	64	192	80	128,91	128,91	176,00	6,00	39,28%	272,11	273,00	99,67%	wk 31	30	wk 37
KITAI	1	30	18,42	61,38	32,23	10	16,11	32,23	93,61	112,03	16	89	20	32,23	32,23	85,00	37,00	75,87%						
KITAJ	1	30	18,42	61,38	32,23	10	16,11	32,23	93,61	112,03	16	94	20	32,23	32,23	90,00	17,00	80,34%						
KITAK	1	30	55,25	184,15	96,68	10	48,34	96,68	280,83	336,08	48	198	60	96,68	96,68	186,00	30,00	55,34%	150,08	151,00	99,39%	wk 31	30	wk 37
KITAAA	1.000	10	16.280,57	20.350,72	20.350,72	10	10175,36	20.350,72	40.701,44	56.982,01	64.018	18.376	16.209	18.183,72	12.980,72	66.184,80	47.808,80	116,15%						
KITAAB	1.000	10	11.717,99	16.739,99	14.647,49	10	7323,74	14.647,49	31.387,48	43.105,47	49.684	7.626	5.479	12.500,49	6.461,49	51.831,27	44.205,27	120,24%						
KITAAC	12	30	85,67	285,56	149,92	10	74,96	149,92	435,47	521,14	994	0	31	118,92	149,92	963,04	963,04	184,80%						
KITAAD	7.075	30	7.075,00	4.490,19	12.381,25	10	6190,63	12.381,25	16.871,44	23.946,44	1.383	14.340	478	12.381,25	12.381,25	15.245,20	15.245,20	63,66%						
KITAAE	12	30	47,92	159,72	83,85	10	41,93	83,85	243,58	291,49	299	0	17	66,85	83,85	281,52	281,52	96,58%						
KITAAF	377	30	29.923,16	99.743,87	52.365,53	10	26182,77	52.365,53	152.109,40	182.032,56	95.592	107.830	14.353	45.914,53	46.484,53	189.068,60	110.918,60	103,87%						

Andamento DDMRP

Come si è potuto osservare l'applicazione del modello DDMRP consiste nell'utilizzo di buffer di disaccoppiamento che segnalano il momento in cui si rende necessario effettuare un ordine di acquisto.

Interessante studiare il livello dello stock reale ed il posizionamento rispetto a questi buffer durante l'intera simulazione del modello.

Come esempio si è utilizzato il KITAAF, uno tra i codici che hanno riscontrato un maggiore effetto positivo.

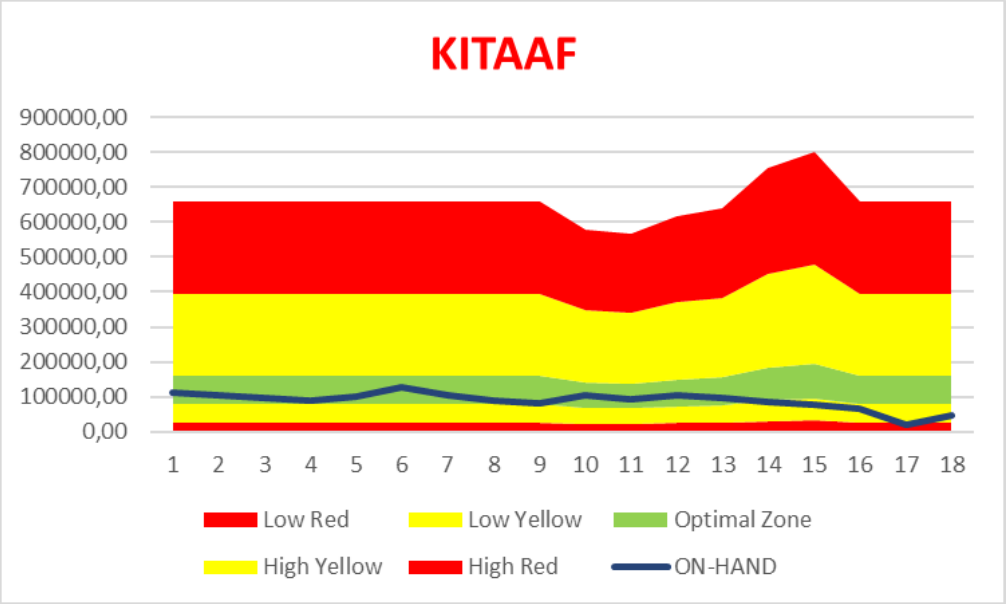


Figura 36: andamento DDMRP del KITAAF

La linea blu rappresenta il livello dello stock, le aree dal colore rosso, giallo e verde esprimono invece le dimensioni dei vari buffer.

Importante come per il 90% della simulazione il livello dello stock giace nella zona verde (livello ottimale) definito come quell'intervallo che minimizzi lo stock e minimizzi la possibilità di incorrere in stock-out.

Solamente nelle ultime due settimane (17 e 18) il livello esce dalla zona ottimale per posizionarsi nella zona gialla, nonostante comunque nell'ultima settimana il trend sembra positivo e prossimo al ritorno nella zona ottimale.

In generale per tutte le materie prime si è ottenuto un grafico simile a questo, ben diverso da quelli ottenuti per i semilavorati, dove il livello dello stock non è così costante e continua ad oscillare tra tutti i buffer a disposizione.

CONFRONTO MRP – DDMRP

Nella tabella sottostante sono riportati i dati rilevati dopo il confronto dei risultati ottenuti grazie all'utilizzo delle due metodologie di approvvigionamento dei materiali durante il *time bucket* della simulazione. Lo studio riguarda l'intervallo compreso tra la week 37 e la week 48; le prime sette settimane non sono state considerate in quanto rappresentano una fase transitoria e di passaggio tra i due sistemi.

Per ciascun codice è stato riportato il numero di ordini effettuati e la giacenza media settimanale di questi. Con questi due semplici indicatori si posssono già dedurre gli effetti (positivi e non) del DDMRP il cui obiettivo primario, ricordiamo, è quello di abbassare la frequenza degli ordini, diminuendo conseguentemente i costi ed abbassare la giacenza dello stock ed evitare gli *stock-out*.

Sono qui riportati i dati di questa analisi preliminare:

CONSIDERATO DA WEEK 37 A 48								
	MRP		DDMRP		DIFFERENZA			
codice rif	NUM. ORDINI	GIACENZA MEDIA / Week	NUM. ORDINI	GIACENZA MEDIA / Week	NUM. ORDINI	GIACENZA MEDIA / Week	Prezzo	Valore Totale
KITAA	8	41,92	4	97,25	-4	55,33	7,57 €	418,87 €
KITAB	9	64,00	6	147,58	-3	83,58	17,80 €	1.487,78 €
KITAC	8	69,75	5	29,42	-3	-40,33	19,55 €	-788,52 €
KITAD	6	58,42	5	49,25	-1	-9,17	25,90 €	-237,42 €
KITAE	10	44,17	5	50,42	-5	6,25	14,62 €	91,38 €
KITAF	10	92,42	5	102,17	-5	9,75	63,81 €	622,15 €
KITAG	7	39,33	6	13,58	-1	-25,75	17,97 €	-462,73 €
KITAH	8	49,67	5	207,17	-3	157,50	6,21 €	978,08 €
KITAI	10	51,67	5	18,08	-5	-33,58	9,40 €	-315,68 €
KITAJ	9	29,08	5	43,17	-4	14,08	6,21 €	87,46 €
KITAK	9	54,67	6	161,75	-3	107,08	4,20 €	449,75 €
KITAAA	11	250.709,22	0	167.056,88	-11	-83.652,33	1,41 €	-118.117,09 €
KITAAB	9	54.674,61	4	38.096,11	-5	-16.578,50	1,41 €	-23.408,84 €
KITAAC	4	1.030,80	0	541,13	-4	-489,67	26,75 €	-13.098,58 €
KITAAD	9	38.760,04	1	15.903,87	-8	-22.856,17	1,18 €	-26.856,00 €
KITAAE	6	275,19	4	147,52	-2	-127,67	19,49 €	-2.488,22 €
KITAAF	11	87.426,18	4	81.478,60	-7	-5.947,58	1,38 €	-8.201,72 €

Tabella 12: confronto MRP - DDMRP

Totale **-189.839,34 €** /week

Osservando i dati a disposizione è facilmente intuibile come, prendendo come riferimento la colonna che rappresenta la differenza tra i due modelli, vi sia una differenza tra i risultati del numero ordini emessi e la giacenza media settimanale.

Per quanto riguarda gli ordini si nota che per ciascun codice il dato è migliorato, dunque tramite l'utilizzo del DDMRP, è diminuita la frequenza degli ordini emessi.

Ciò invece non avviene per la giacenza media settimanale dove per alcuni codici (nello specifico KITAA, KITAB, KITAE, KITAF, KITAH, KITAJ, KITAK): ben 7 su 17 (circa il 41% dei codici), lo stock medio settimanale aumenta.

Tralasciando costi e valore economico, il risultato appare deludente e lontano da quello sperato.

Questi 7 codici moltiplicati per il loro valore economico producono un aumento dello stock di circa 4.135 euro/settimana. I restanti 10 codici mostrano una diminuzione dei costi di 194.000 euro settimanali. Sommando i due valori si ottiene il risultato evidenziato nella tabella allegata precedentemente: - 189.900 euro/settimana. Come interpretare questo valore?

Obsolescenza, rischio di eventi catastrofici e furti spingono le aziende a stimare e tenere in considerazione che il costo del magazzino si possa aggirare intorno al 10% dello stock totale a disposizione. In questo caso si potrebbe dunque considerare un risparmio di circa 19.000 euro a settimana. Questo risparmio, moltiplicato per le 12 settimane (week 37 -> week 48), (con cadenza settimanale) porterebbe ad un risparmio totale di **228.000 euro**.

Questa differenza tra i due modelli è facilmente intuibile ed è rappresentata dal seguente grafico:

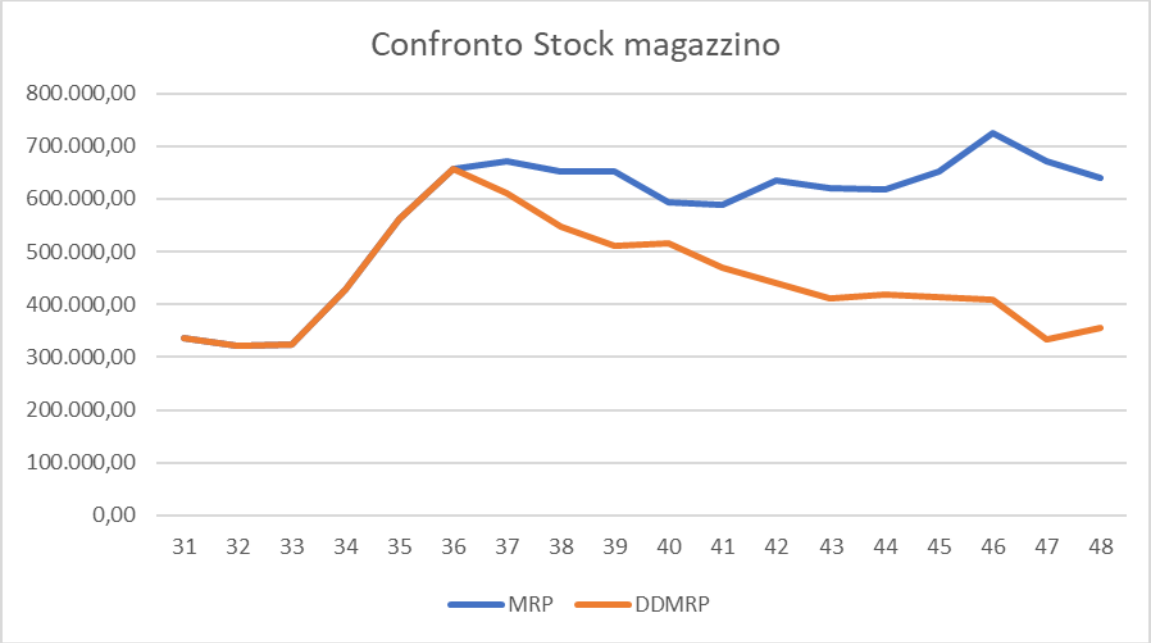


Figura 37: grafico confronto stock MRP - DDMRP

Dalla settimana 37 è evidente come l'andamento dello stock con il modello DDMRP sia in costante calo.

L'ultima variabile da analizzare è la presenza di eventuali stock. Dal file "DDMRP" è possibile osservare se, per ogni settimana, l'andamento delle scorte, degli ordini e la domanda risultano essere soddisfatti o meno.

Analizzando i vari fogli Excel è osservabile la presenza di stock out per quanto concerne le ultime due settimane di simulazione (47 e 48) per i codici KITAG e KITAI. Occorre dunque indagare le cause di questo risultato non ottimale. Tra queste troviamo sicuramente i bassi volumi dei due codici, questo comporta bassi margini di posizionamento e dimensionamento dei buffer di disaccoppiamento, infatti, un picco di domanda poco superiore al valore atteso ha maggiori possibilità di creare problemi e dar vita ad uno stock out.

Si potrebbero modificare determinati parametri in modo da poter innalzare le soglie dei vari *buffer* e permettere così una maggiore capacità di ricezione e smaltimento della variabilità della domanda. Nello specifico, gli *stock out* appena citati sono i seguenti:

- **KITAG**: nella settimana 47 lo *stock* iniziale è di 8 pezzi, la domanda è di 12 e dunque la domanda insoddisfatta in questo time bucket è di 12-8 = 4 pezzi.
  Durante la settimana 48 lo *stock* iniziale è di 0 (dovuto allo stock out della settimana precedente), gli arrivi sono 11 e la domanda di 16. Si ha quindi uno *stock out* di 9 pezzi.

- **KITAI**: durante la settimana 47 lo stock iniziale è di 15, la domanda di 24 e lo stock out è dunque di 9 pezzi. La settimana dopo (48) a questi 9 di stock out si aggiunge una domanda di 32 che viene in parte soddisfatta da un lotto d'arrivo di 23 pezzi. La domanda finale inevasa ammonterà a 18 pezzi.

È chiaro come, nel contesto in cui operiamo, lo *stock out* non rappresenterà domanda di un prodotto finito non soddisfatta ma bensì l'impossibilità nel produrre il codice padre KITA con tutte le successive problematiche che potranno essere generate.

Grafici confronto stock MRP - DDMRP

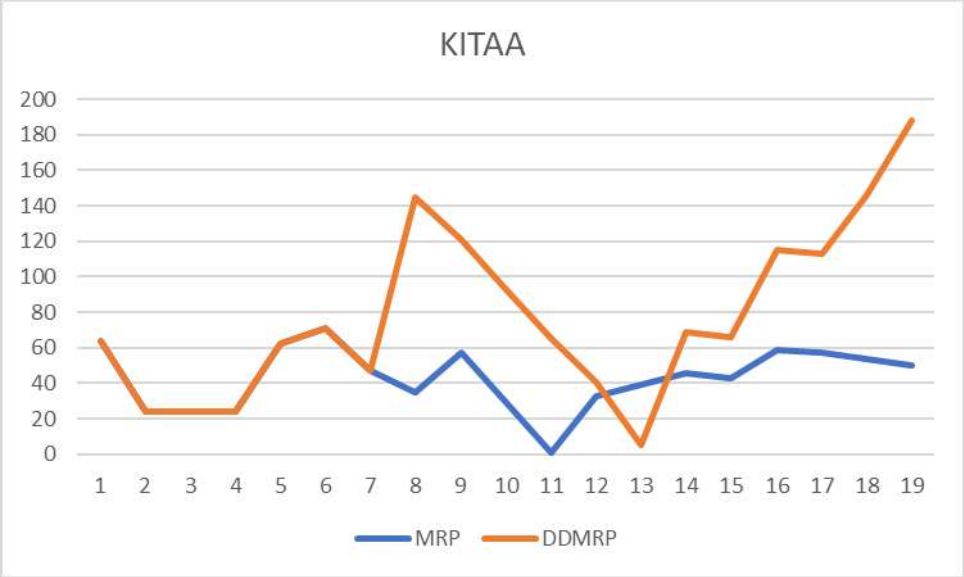


Figura 38: output simulazione KITAA

Per il KITAA il modello non sembra essere efficiente dal punto di vista dello *stock* medio, esclusivamente durante la settimana 13 lo *stock* ottenuto mediante il DDMRP è inferiore a quello originale.

Si può inoltre osservare come si sia quasi raggiunto uno *stock* nullo che avrebbe comportato un seguente *stock out.* Da questo punto in poi l'andamento sembra essere in costante crescita, alla ricerca di un valore stazionario. Da notare inoltre il picco iniziale della settimana 8.

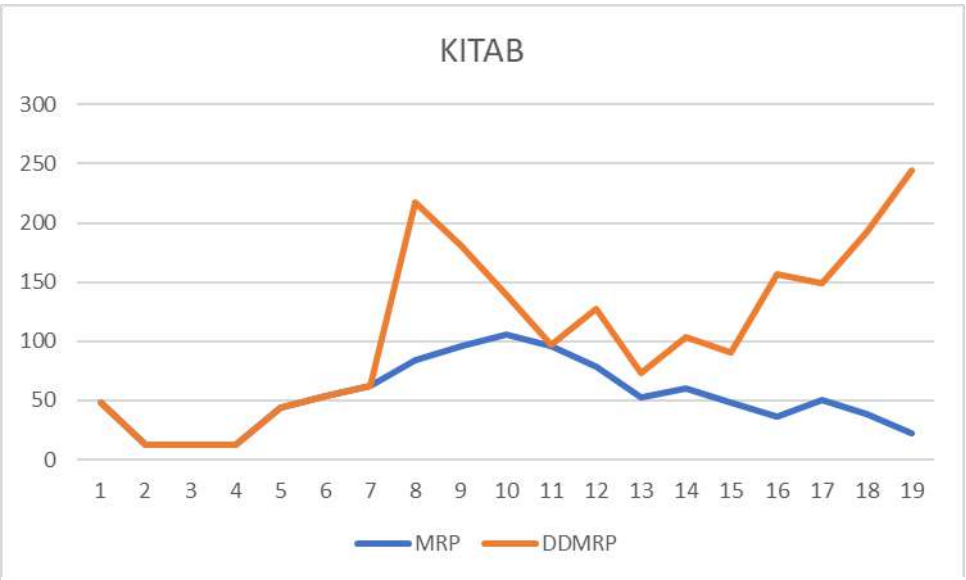


Figura 39: output simulazione KITAB

Per il KITAB vi sono analogie al grafico precedente, con un picco iniziale all'ottava settimana per poi avere un minimo in settimana 13 e, da lì in avanti, una costante crescita.

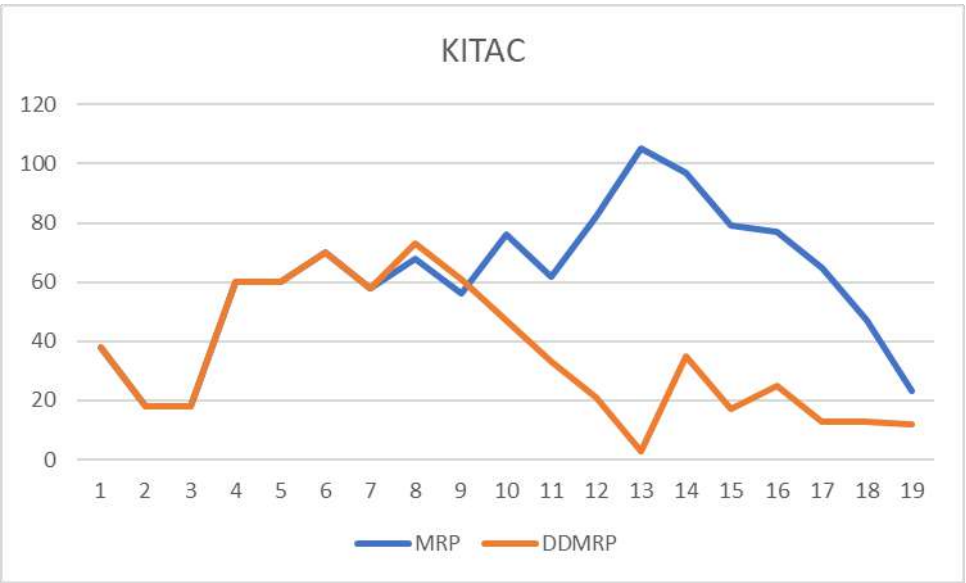


Figura 40: output simulazione KITAC

Per il KITAC si può finalmente intravedere un effetto positivo del modello sullo *stock*: lo *stock* generato dal DDMRP è infatti, per la quasi totalità della simulazione, minore rispetto a quello originale e, nelle ultime settimane, sembra aver trovato una certa stabilità.

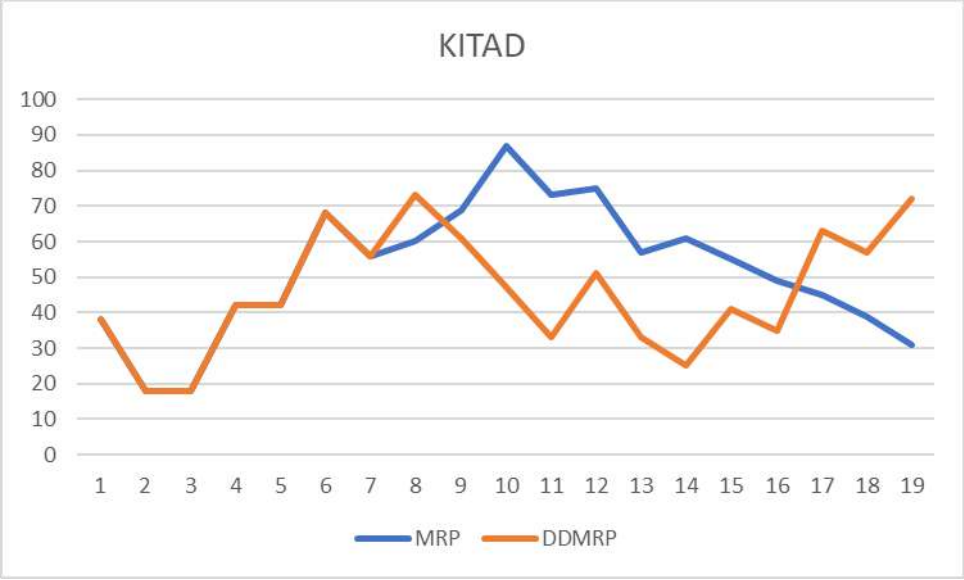


Figura 41: output simulazione KITAD

Per il KITAD, il risultato ottenuto pare essere un ibrido tra tutti gli andamenti osservati fino ad ora: per un 70% della simulazione lo *stock* del DDMRP è minore, a partire dalla sedicesima settimana sembra esserci un'inversione che porta ad un netto aumento dello stock.

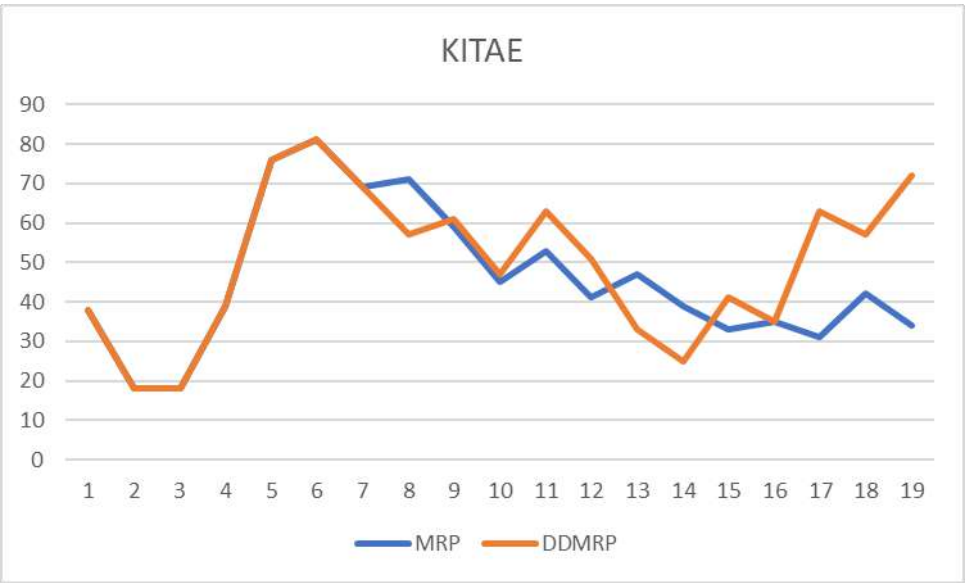


Figura 42: output simulazione KITAE

Per quanto riguarda l'output della simulazione sul KITAE sembrerebbe quasi non esserci differenza tra i due modelli in quanto assumono il medesimo andamento. La distribuzione dei picchi (positivi e negativi) è molto simile, così come lo scostamento tra i due andamenti.

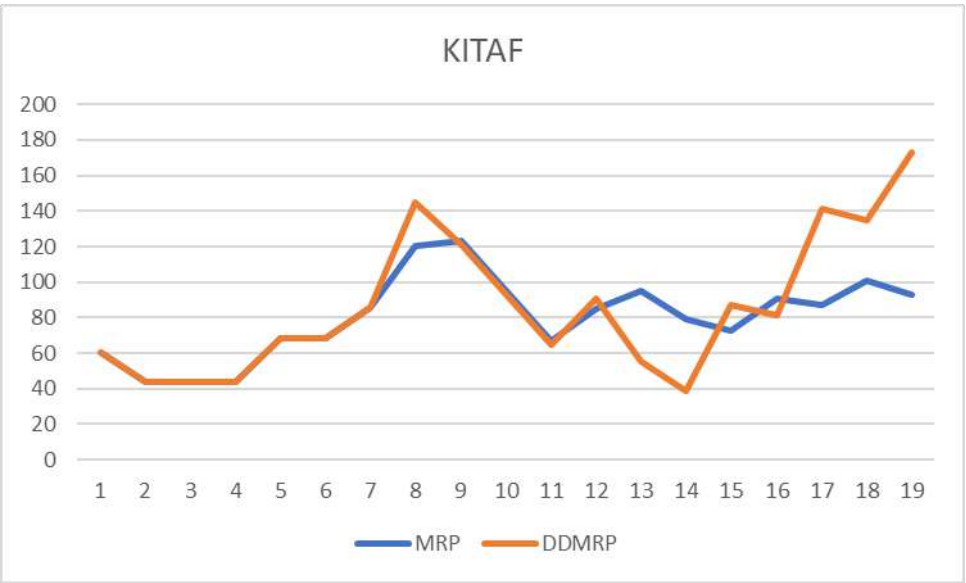


Figura 43: output simulazione KITAF

Anche per questo codice l'andamento dei due modelli è molto simile con l'eccezione delle ultime due settimane di simulazione nelle quali il valore dello *stock* generato dall'applicazione del DDMRP sembra crescere parecchio di più.

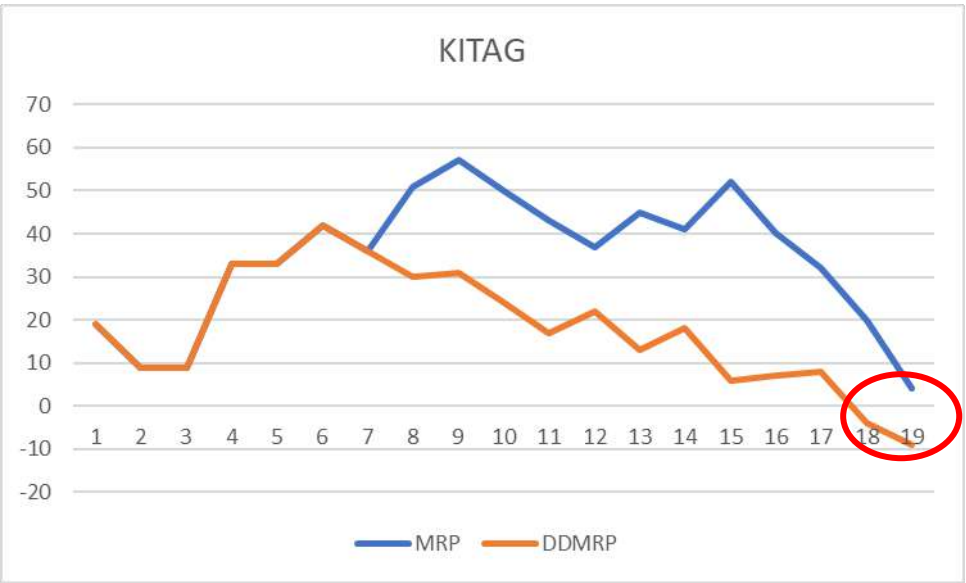


Figura 44: output simulazione KITAG

Per il codice KITAG si intravvedono i benefici del DDMRP, unica pecca risulta essere lo *stock delle* ultime due settimane di simulazione. A priori, sarebbe stato conveniente aumentare i vari buffer in modo da ottenere uno *stock* medio maggiore, ma allo stesso tempo diminuire la probabilità di non riuscire a soddisfare, in un determinato *time bucket*, la domanda relativa al prodotto.

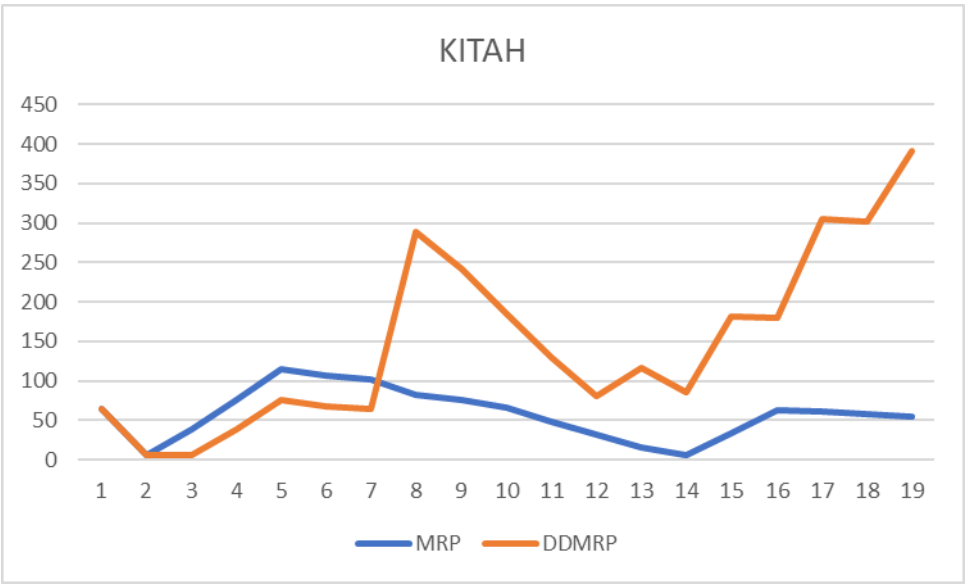


Figura 45: output simulazione KITAH

I risultati ottenuti sul codice KITAH presentano una forte divergenza tra i due modelli. Se, con il normale MRP l'andamento appare costanze, del tutto diverso appare lo sviluppo generato dal DDMRP. In questo caso lo *stock* dalla settimana 14 ha andamento che appare in forte crescita, questo comporta che esso assuma un valore maggiore di circa otto volte rispetto al valore dello *stock* finale dell'MRP.

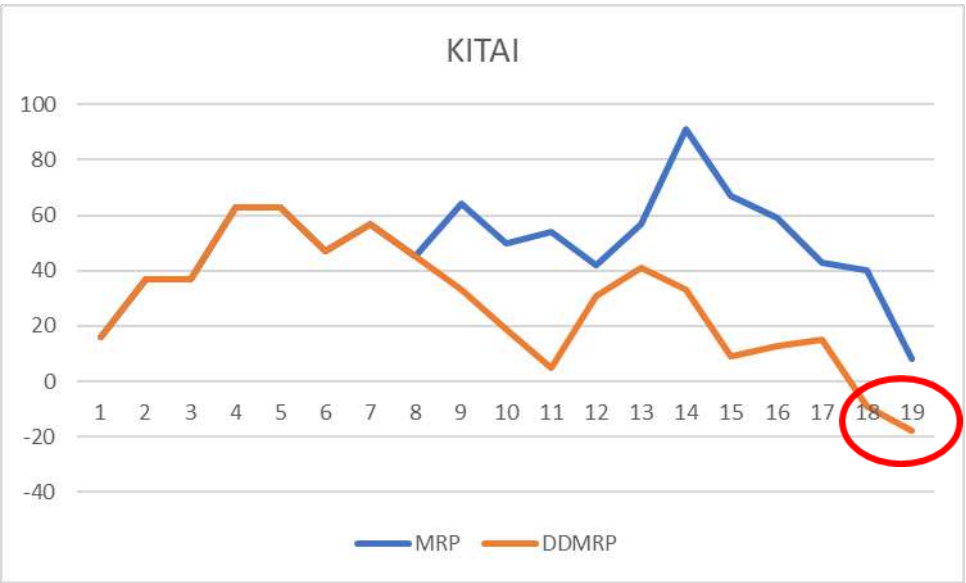


Figura 46: output simulazione KITAI

Il grafico evidenzia la somiglianza tra i due andamenti ottenuti. Nonostante ciò, lo *stock* ottenuto mediante il modello DDMRP è sempre minore rispetto a quello generato dal DDMRP. Unica nota negativa è lo *stock out* ottenuto nelle ultime due settimane della simulazione, questo risultato negativo necessiterà di uno studio accurato.

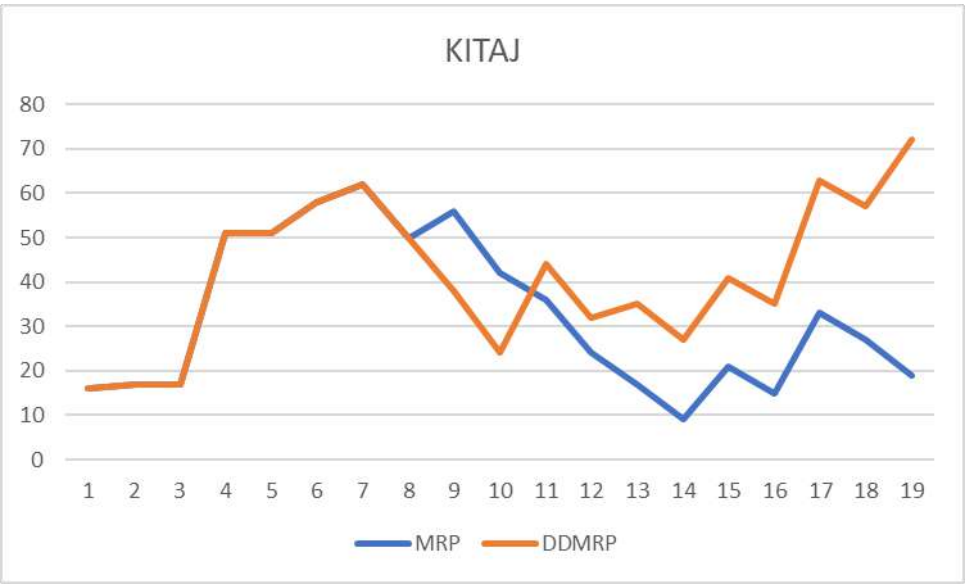


Figura 47: output simulazione KITAJ

Il presente grafico evidenzia una netta differenza tra i due modelli. Lo *stock* medio del DDMRP durante il *time bucket* della simulazione è maggiore rispetto a quello ottenuto mediante MRP. L'aspetto positivo è riscontrabile nella bassa probabilità di incorrere in uno *stock out*.

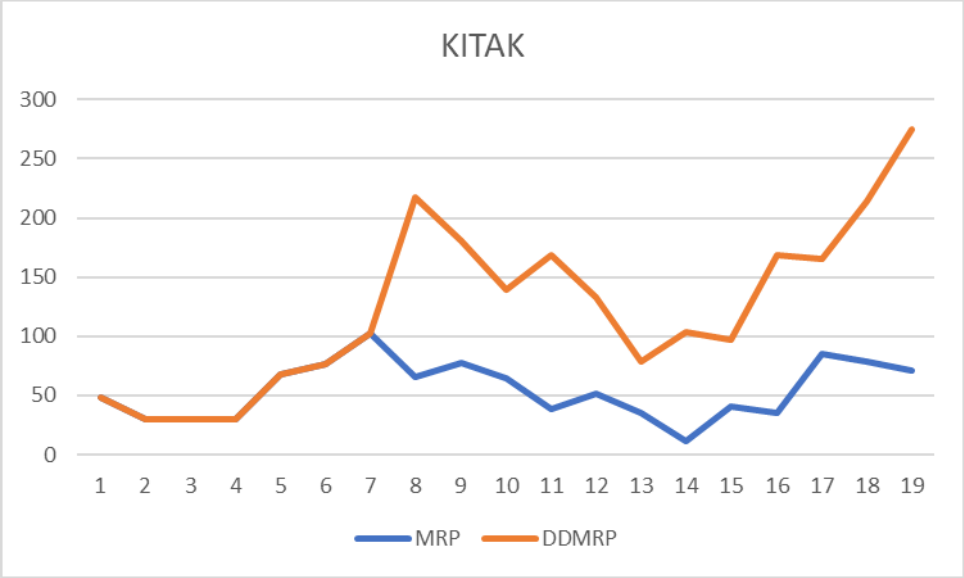


Figura 48: output simulazione KITAK

Discorso simile si può intraprendere per il KITAK dove i due andamenti hanno trend molto simili, ma i valori del DDMRP sono nettamente superiori a quelli dell'MRP. Interessante studiare il motivo del picco così alto ottenuto nell'ultima settimana di simulazione.

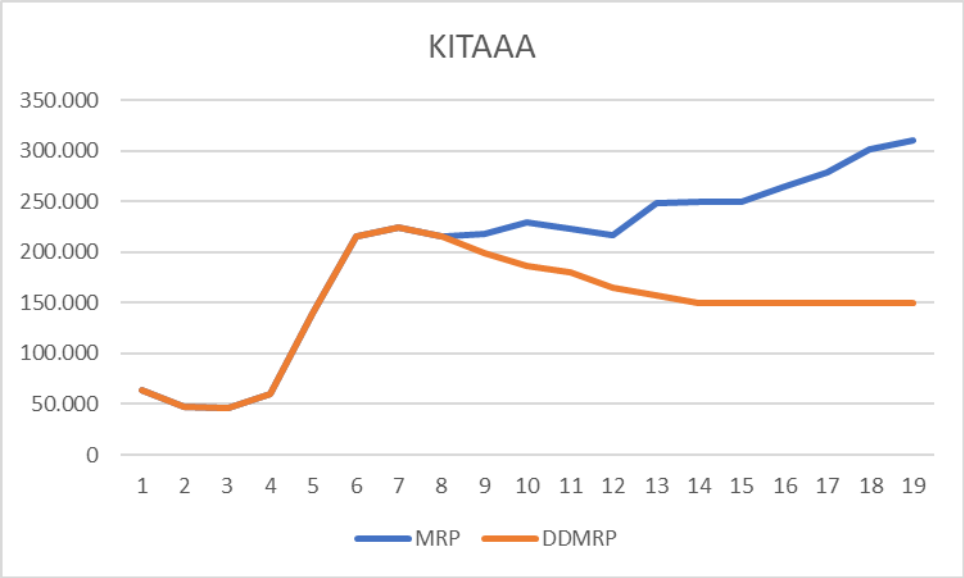


Figura 49: output simulazione KITAAA

Per il KITAAA si intravede una certa costanza dello *stock* con un lieve trend decrescente contrariamente a quanto ottenuto con il DDMRP.

Osservando i valori sull'asse delle ordinate si può osservare come siano nettamente maggiori rispetto a quello dei grafici precedenti, motivo per il quale risultano facilmente osservabili gli effetti positivi dell'applicazione del DDMRP.

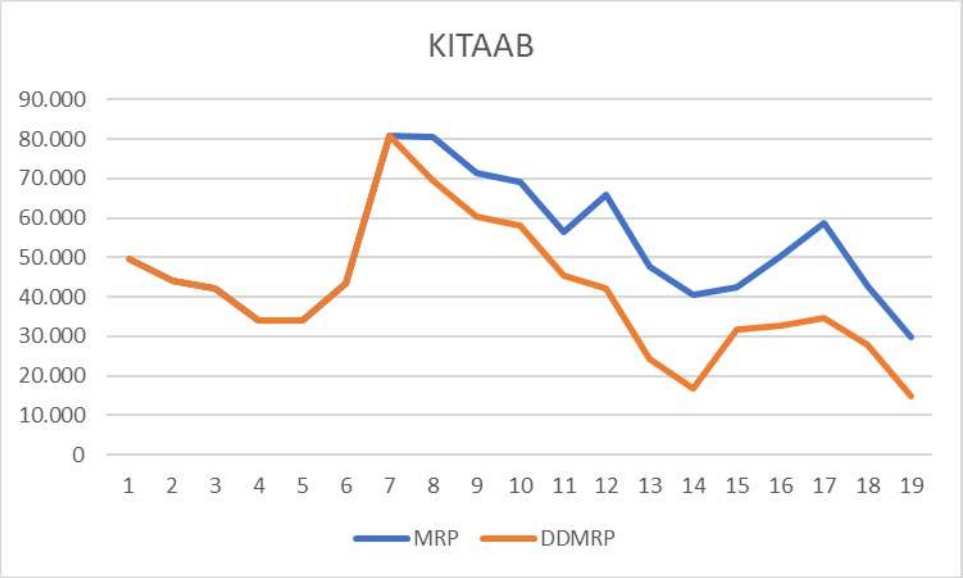


Figura 50: output simulazione KITAAB

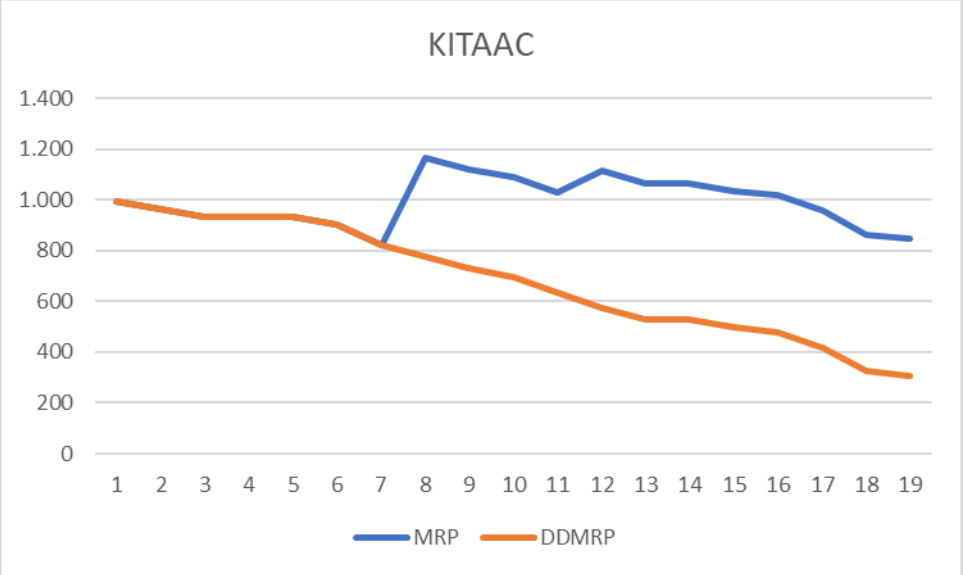


Figura 51: output simulazione KITAAC

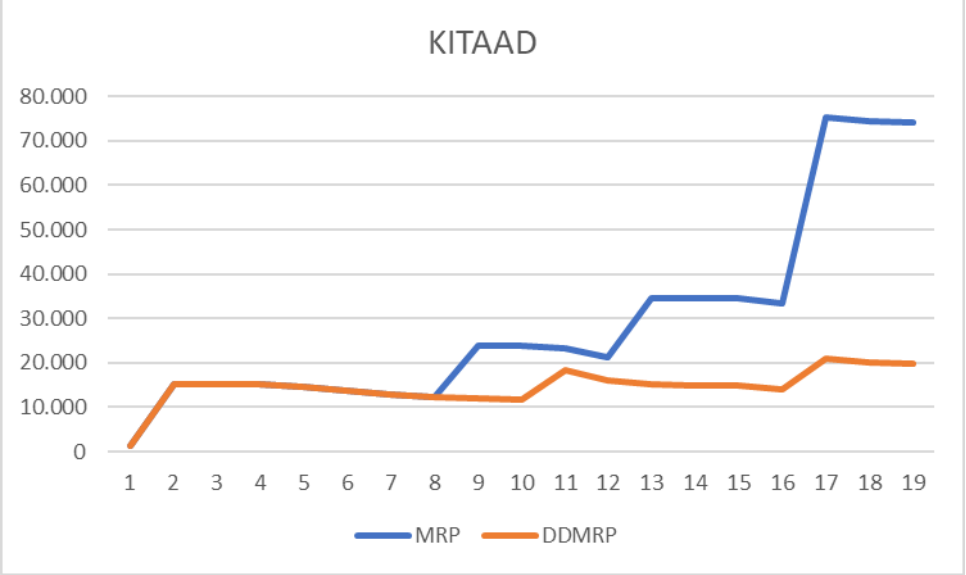


Figura 52: output simulazione KITAAD

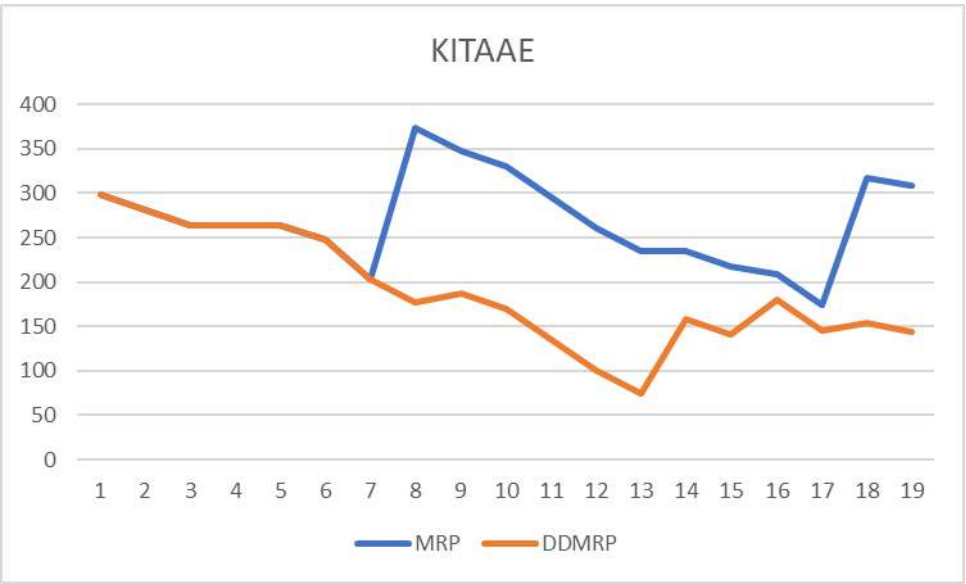


Figura 53: output simulazione KITAAE

Per questi grafici che rappresentano l'andamento di queste materie prime (KITAAB, KITAAC, KITAAD e KITAAE) le osservazioni sono comuni e mostrano risultati del DDMRP estremamente positivi.

In qualsiasi settimana, infatti, lo *stock* ottenuto con il DDMRP è significativamente minore di quello ottenuto dal normale MRP, e non si incorre nel rischio di *stock out*.

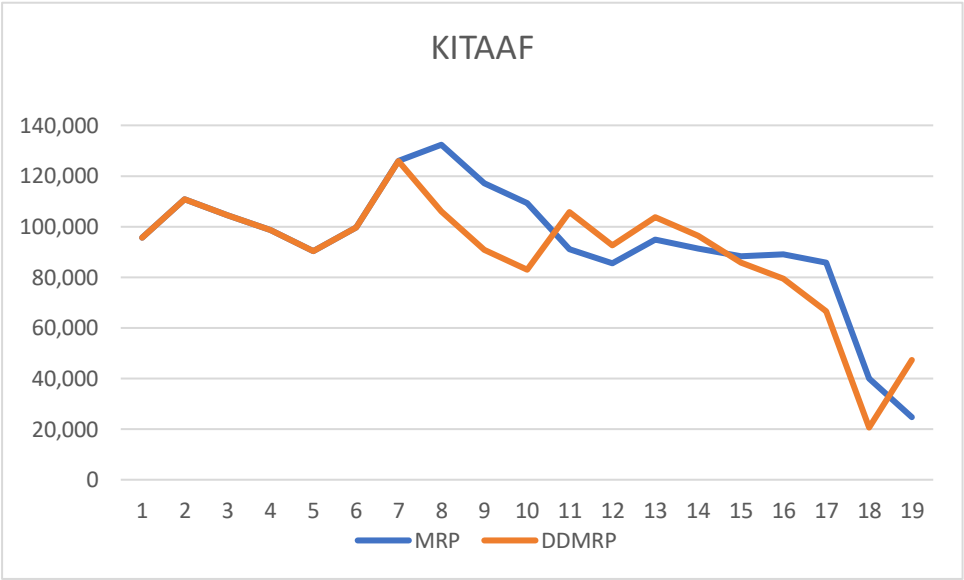


Figura 54: output simulazione KITAAF

Per il KITAAF si è ottenuto un andamento molto simile a quello del normale MRP, la differenza tra i due modelli risulta essere minima.

Criticità nell'applicazione del modello

Le criticità più rilevanti riscontrate durante lo studio sono due e possono essere così riassunte: la prima riguarda la scelta dei componenti da analizzare e sui quali basare l'intero lavoro, la seconda è relativa alla reperibilità dei dati necessari.
Avendo consapevolmente applicato un modello ad un contesto aziendale non ottimale, come potrebbe appunto essere una realtà attiva nel settore dell'*automotive,* è stato necessario applicare un maggiore livello di attenzione nello studio di questa fase inziale di analisi dei vari codici.

La possibilità di incappare in una simulazione che non conducesse a risultati ottimali era dipendente e relativa a questa scelta preliminare, ovvero i codici da analizzare.

Successivamente, la fase critica del lavoro è stata la raccolta dei dati e lo storico di ciascuno dei codici utilizzati, fortunatamente si è potuto contare su un sistema gestionale potente in grado di estrapolare senza troppe difficoltà tutti i dati necessari.

Per la parametrizzazione di determinati valori è stato fondamentale il dialogo con colleghi e persone che operano nel medesimo contesto che hanno avuto negli ultimi anni poteri decisionali e strategici sulla gestione di questi codici e, allo stesso tempo, del fornitore loro assegnato.

Si è optato per una maggiore standardizzazione di questi dati in modo da cercare di identificare con maggiore facilità gli effetti generati di questo innovativo metodo di gestione dei materiali in ingresso, un incremento della complessità di questi valori comporterebbe un incremento nella difficoltà di analisi del lavoro.

Un aspetto di fondamentale importanza per la funzionalità del modello è il continuo aggiornamento dei dati in ingresso del modello quali soprattutto il *lead time* del prodotto in funzione della situazione globale delle forniture e reperibilità delle materie prime.

È necessario, dunque, che il dipartimento della logistica (*procurement*) e l'ufficio acquisti collaborino costantemente e si confrontino con regolarità.

Per quanto concerne la parte operativa del lavoro, la difficoltà maggiore è stata quella di integrare per le 18 settimane di simulazione il passaggio di consegna tra una normale gestione MRP ed il modello integrato DDMRP. Si è cercato di simulare un periodo di transazione tra i due modelli realistico e di confrontare i valori ottenuti sul lungo periodo nei due contesti.

Questo ha reso necessario “frizzare” le prime sei settimane che corrispondono al *lead time* medio dei codici utilizzati.

Per queste prime sei settimane sono stati quindi utilizzati gli arrivi e gli “ordini di vendita” reali, della realtà aziendale.

Come già accennato, tra le difficoltà riscontrate, troviamo i volumi di utilizzo dei codici che hanno reso necessario simulare il modello con *time bucket* settimanale anziché giornaliero, con tutte le trasformazioni necessarie.

Non si è potuto simulare un orizzonte temporale maggiore in quanto, durante la scorsa estate, un ingente investimento del gruppo Manitowoc ha consentito allo stabilimento di duplicare la propria capacità produttiva.

Utilizzare lo storico di dati antecedenti a questo evento avrebbe sicuramente diminuito i vari *buffer* di disaccoppiamento con conseguente rischio di aumentare notevolmente la frequenza degli ordini emessi ed allo stesso tempo accrescere le possibilità di ***stock-out***.

Conclusioni

Ho intrapreso questo mio lavoro con un combinato disposto di prudenza e di ottimismo. Ero ben consapevole della limitata versatilità del modello da me prescelto, specie in contesti diversi dalla sua ordinaria applicazione. I risultati ottenuti, però, sembrano premiare il mio coraggio e confermare le ancora risicate esperienze maturate nel settore. L'utilizzo, forse un po' temerario, di una distinta di codici tra loro tanto dissimili, mi ha permesso di osservare quanto segue: vi sono codici che, nell'applicazione del modello, hanno peggiorato le loro performance a livello di *stock* medio (mi riferisco soprattutto a quelli contraddistinti da bassi volumi). In questi casi è necessario osservare come il modello non riesca a migliorare le prestazioni: la variabilità della domanda è talmente alta rispetto alla quantità media delle giacenze da rendere improbabili la regolarità e la costanza delle prestazioni. Tale situazione non si verifica, invece, nel caso delle materie prime, che, essendo dotate di volumi assai più alti, hanno condotto a risultati decisamente più ottimali.

Complessivamente, il modello ha portato ad un risparmio in termini di costi dello *stock* di *190.000* euro a settimana, passando da uno *stock* medio di circa 433.000 euro ad uno di 304.000 euro. In questo risparmio vi sono comunque codici che hanno aumentato il proprio *stock*, la differenza è stata il valore economico unitario quasi irrisorio di questi beni rispetto agli altri codici.

A trainare il calo sono stati i valori riguardanti le materie prime: è da evidenziare l'ottima performance del codice KITAAA, il cui utilizzo ha condotto ad un risparmio medio di oltre 118.000 euro a settimana.

Quest'analisi diventa di fondamentale importanza per chi voglia selezionare i codici di maggior interesse, evitando investimenti inutili su item di scarsa convenienza e con tempi lunghissimi.

Per quanto riguarda l'emissione di ordini, la totalità dei 17 codici analizzati ha diminuito il numero di ordini emessi. Nel complessivo, si è passati da 144 ordini totali a 70, con un calo del 53%.

Elemento di attenta analisi sono stati gli *stock-out* rilevati nelle ultime due settimane di simulazione per due codici: KITAG e KITAI.

Entrambi i codici sono tra quelli finora descritti. Essi sono caratterizzati da volumi bassi e da una insufficiente capacità di rispondere alla domanda in determinati *time bucket*.

La variabilità della domanda non permette grandi margini di contenimento: un picco leggermente superiore alla media rischia di consumare il buffer dello *safety stock* (zona rossa).

Il risultato dello studio risulta essere, in conclusione, in linea con i risultati teorici studiati nel percorso universitario. Si è ottenuta una riduzione del valore delle scorte del 43% a fronte di una media che oscilla tra il 35 ed il 40%, tenendo conto delle varie sfumature riscontrate e discusse durante lo svolgimento.

Il metodo ha, dunque, evidenziato i propri aspetti positivi ed i propri limiti nella loro totalità. Possiamo, quindi, trarre le seguenti conclusioni: il modello è funzionale e porta a indubbi benefici nei contesti nei quali troviamo alti volumi di utilizzo, alti indici di rotazione, *lead time* contenuti e software informatici all'avanguardia.

Sitografia

- https://www.manitowoc.com/it
- https://www.demanddriveninstitute.com/ddmrp
- https://insights.sap.com/what-is-ddmrp/
- https://www.mecalux.it/blog/gestire-magazzino
- https://www.milanofinanza.it/news/addio-offshore-addio-outsourcing-la-pandemia-riscrive-le-regole-per-i-capi-azienda-202111021404497544
- https://industrial-innovation.it/gestionale-mrp/7
- https://sceglifornitore.it/blog/software-mrp-i-5-migliori-caratteristiche-e-quale-scegliere/
- https://www.eurosystem.it/approfondimenti/software-mrp-la-risposta-ai-problemi-di-pianificazione/

Bibliografia

- Brandimarte P., Zotteri G., *Logistica di distribuzione* (2004)
- Antonelli D., Murari G., Sistemi di produzione – *Introduzione ai processi produttivi e alla loro gestione* (2008)
- Carol Ptak, Chad Smith, *DDMRP: Demand Driven Material Requirements Planning* (2019)

Indice delle figure

Figura 1: Gantt chart 4
Figura 2: Rappresentazione componenti bicicletta 11
Figura 3: Bill of Material bicicletta 11
Figura 4: Immagine gru mobile RT550 con jib 12
Figura 5: Disegno jib applicato al braccio 13
Figura 6: Disegno jib 13
Figura 7: Elemento tirante asolante 13
Figura 8: Elemento tirante folato 14
Figura 9: Staffa jib 14
Figura 10: Pista ripiegabile 14
Figura 11: Staffa anteriore jib 14
Figura 12: Gru cingolata 15
Figura 13: Gru multistrada Grove 16
Figura 14: Gru a torre Potain 16
Figura 15: Gru National Crane 16
Figura 16: Gru Potain 17
Figura 17: Gru Grove GRT655L 18
Figura 18: Cartina geografica con distribuzione fornitori 20
Figura 19: Grafico a torta distribuzione fornitori nel mondo 21
Figura 20: Grafico media mobile 24
Figura 21: Grafico smorzamento con trend 25
Figura 22: Grafico smorzamento con stagionalità 25
Figura 23: Grafico smorzamento con trend e stagionalità 26
Figura 24: Effetto Bullwhip 26
Figura 25: Rappresentazione vantaggi DDMRP 31
Figura 26: Rappresentazione pre DDMRP 32
Figura 27: Rappresentazione post DDMRP 33
Figura 28: Grafico Analisi di Pareto 34
Figura 29: Distinte base codice analizzato 36
Figura 30: Immagine kit207 37

Figura 31: Grafico andamento scorte semilavorati 40
Figura 32: Grafico andamento scorte materie prime 41
Figura 33: Buffer KITAAA 47
Figura 34: Distribuzione valore economico tra i codici analizzati 51
Figura 35: Ordini emessi 52
Figura 36: andamento DDMRP del KITAAF 56
Figura 37: grafico confronto stock MRP - DDMRP 58
Figura 38: output simulazione KITAA 60
Figura 39: output simulazione KITAB 60
Figura 40: output simulazione KITAC 61
Figura 41: output simulazione KITAD 61
Figura 42: output simulazione KITAE 62
Figura 43: output simulazione KITAF 62
Figura 44: output simulazione KITAG 63
Figura 45: output simulazione KITAH 63
Figura 46: output simulazione KITAI 64
Figura 47: output simulazione KITAJ 64
Figura 48: output simulazione KITAK 65
Figura 49: output simulazione KITAAA 65
Figura 50: output simulazione KITAAB 66
Figura 51: output simulazione KITAAC 66
Figura 52: output simulazione KITAAD 66
Figura 53: output simulazione KITAAE 67
Figura 54: output simulazione KITAAF 67

Indice delle tabelle

Tabella 1: Correlazione obiettivi - metodo del lavoro 4
Tabella 2: Distribuzione fornitori nel mondo 21
Tabella 3: Caratteristiche DDMRP 29
Tabella 4: Differenze MRP - DDMRP 30
Tabella 5:Distinta base semilavorati 38
Tabella 6: Distinta base materie prime 39
Tabella 7: calcolo AWU 40
Tabella 8: Parametri LT factor 45
Tabella 9: Dimensionamento buffer 48
Tabella 10: Arrivi 49
Tabella 11: Risultati MRP 51
Tabella 12: confronto MRP - DDMRP 57