



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria gestionale
A.a. 2020/2021
Dicembre 2021

**Sistemi di controllo e pianificazione
della produzione:
il DDMRP applicato ad un caso
aziendale**

Relatore:
Prof. Carlo Rafele

Candidata:
Francesca Buccomino

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. SCM	4
2. MRP	7
3. DDMRP	12
3.1 Posizionamento decoupling buffer	12
3.2 Dimensionamento dei buffer	14
3.3 Aggiustamento dinamico	18
3.4 Demand Driven Planning	19
3.5 Execution	21
4. IL CASO SAES GETTERS	25
4.1 Contesto aziendale	25
4.2 Caso studio	27
4.2.1 Attuale gestione degli ordini	30
4.2.2 Scelta del time bucket	31
4.2.3 Tool Excel	32
4.2.4 Posizionamento dei buffer	33
4.2.5 Dimensionamento dei buffer	39
4.2.6 Aggiustamento dinamico	51
4.2.7 Demand Driven Planning	52
4.2.8 Demand Driven Execution	57
4.2.9 Stock analysis	59
4.2.10 Confronto tra il MRP e il DDMRP	61
4.2.11 Analisi critica del DDMRP	76
5. CONCLUSIONI	78
Bibliografia	80
Indice delle Tabelle	81
Indice delle Figure	82

INTRODUZIONE

Il mercato odierno è caratterizzato da un complesso insieme di aziende che collaborano cercando di rispondere in modo flessibile al cambiamento della domanda ed ai bisogni dei clienti. La globalizzazione e, quindi, la forte tendenza a ricercare fornitori e clienti in diverse aree del mondo così da ottenere vantaggi soprattutto in termini di costo, comporta però una minore flessibilità e reattività nel rispondere alla domanda. Risulta, quindi, di fondamentale importanza, in contesti così articolati, riuscire a migliorare i rapporti tra le aziende partecipanti alla catena di produzione e costruire rapporti basati su fiducia e partnership, specialmente per prodotti critici alla produzione. In un'ottica di miglioramento continuo, infatti, occorre dare sempre maggior rilievo all'ottimizzazione dei flussi informativi e di materiale, al fine di efficientare la realtà produttiva, utilizzando, per tale scopo, una serie di *tool* informatici per semplificare e aiutare la collaborazione e la gestione tra le diverse realtà aziendali presenti. Con questo lavoro si è deciso di focalizzarsi in modo particolare, sul rapporto con le aziende fornitrici e su uno dei fattori che maggiormente influenza il successo di una catena produttiva: la pianificazione dei fabbisogni produttivi. Infatti, diventa sempre più critico effettuare un'efficiente pianificazione dei fabbisogni a causa dell'utilizzo ingente di previsioni della domanda e della reale fluttuazione nel tempo della stessa. Per quanto concerne la pianificazione degli ordini, negli anni sono stati sperimentati numerosi metodi che rientrano nel *Manufacturing Planning and Control Systems*. Tra questi, nel seguente lavoro verrà fatta una panoramica del *Material Requirements Planning*, uno dei più utilizzati nelle realtà aziendali, di cui verranno analizzati punti di forza e debolezza. Verrà, in seguito, proposta un'evoluzione del metodo guidata dalla domanda e nota, appunto, come *Demand Driven Material Requirements Planning*. Verrà, poi, presentato un caso studio che ne dimostrerà l'applicabilità in un contesto reale svolto con la collaborazione dell'azienda SAES Getters SpA, di cui verrà fatta una breve panoramica andando a concentrarsi in particolar modo sul loro attuale metodo di pianificazione dei fabbisogni. Si proverà, quindi, a simulare l'applicabilità delle logiche di DDMRP, mediante un *tool* Excel che permetterà di attuare un confronto tra i livelli di scorta attualmente utilizzati ed i simulati su una serie di prodotti selezionati. Infine, verrà svolto un confronto tra i risultati ottenuti con l'MRP attualmente in uso e la soluzione proposta con la simulazione, al fine di carpire eventuali criticità e complessità del metodo, ma anche e soprattutto testare se siano o meno presenti dei benefici che lo rendano di particolare interesse come sostituto del MRP comunemente utilizzato nelle realtà aziendali. Infine, verranno illustrate eventuali criticità riscontrate durante lo svolgimento del caso studio e, più in generale, una panoramica di complessità che l'azienda potrebbe riscontrare nell'implementazione di questo metodo.

1. SCM

Il termine *Supply Chain Management* (SCM) viene introdotto per la prima volta in letteratura nel 1980 e per lo *Stanford Supply Chain Forum*, consiste nella gestione di flussi di materiali, di informazioni e finanziari all'interno di un *network* formato da fornitori, clienti, produttori e intermediari. Con questo termine, quindi, si include la pianificazione e gestione di tutte le attività coinvolte nella fornitura e approvvigionamento, delle diverse attività di logistica e la collaborazione ed il coordinamento con *partner* chiave quali *supplier*, intermediari e fornitori di servizi di terze parti e clienti. In sintesi, quindi, la *supply chain* integra la gestione della fornitura e della domanda attraverso le aziende [1]. Ciò che tuttora risulta non univocamente definito sembra essere il rapporto tra *supply chain* e logistica. Questa, infatti, secondo quanto riportato dal *MIT Center for Transportation & Logistics*, riguarda la gestione di diversi flussi attraverso il coordinamento della catena produttiva. Non sembrano apparentemente esserci differenze tra le due definizioni, ed è proprio per questo che nel corso degli anni numerosi studiosi del settore hanno cercato di dare una loro personale risposta riguardo il rapporto tra questi due termini. Nel 2004, due studiosi Larson e Halldórson intraprendono uno studio proprio in tal senso, focalizzandosi sul rapporto tra i due termini e riuscendo ad individuare ben quattro diverse prospettive in grado di rappresentare il loro rapporto [2]:

- *Traditionalist*: secondo questa visione il *supply chain management* è una piccola parte della logistica, ed in particolare può essere vista come la logistica al di fuori della azienda, che si occupa dei rapporti tra l'azienda e l'esterno;

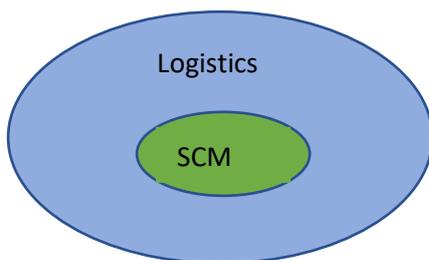


Figura 1.1: rappresentazione visione traditionalist;

- *Re-Labeling*: per questa visione i due termini sono totalmente sinonimi e di conseguenza la gestione della *supply chain* non è nient'altro che la gestione della logistica, quindi in quest'ottica la *supply chain* altro non è che il network logistico;

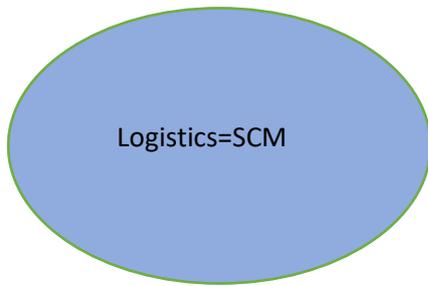


Figura 1.2: rappresentazione visione re-labeling;

- *Intersectionist*: come evidente dalla figura sottostante, secondo questa prospettiva la logistica e il SCM hanno solo delle caratteristiche in comune; il *supply chain management* non viene visto come l'unione di logistica, marketing, approvvigionamenti e altre aree funzionali ma piuttosto questa comprende elementi strategici e integrativi provenienti da tutte queste aree. Secondo questa ottica il *supply chain management* risulta essere qualcosa di strategico e non tattico che coordina le varie funzioni;

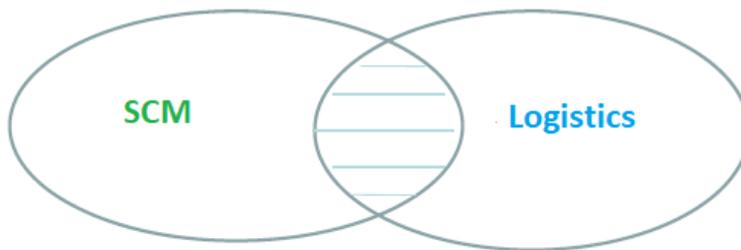


Figura 1.3: rappresentazione visione intersectionist;

- *Unionist*: per questa prospettiva la logistica è una delle componenti del SCM, che comprende attività quali: *purchasing*, logistica, *marketing*, ricerca e sviluppo, produzione e tutte le altre funzioni di business tradizionali;

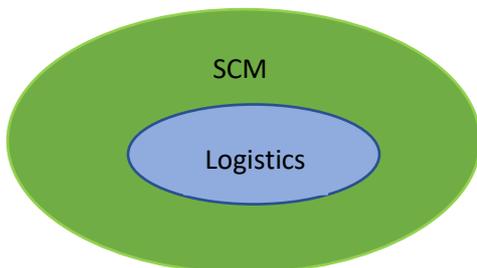


Figura 1.4: rappresentazione visione unionist;

Tale visione è quella che attualmente risulta più convincente e che si è deciso di utilizzare in questo studio. Seguendo quanto dichiarato dal *Council of Supply Chain Management Professionals* [3], la logistica può essere definita come quella parte del *supply chain*

management che pianifica, implementa e controlla l'efficienza ed efficacia dei flussi, del deposito dei beni e delle relative informazioni tra il punto di origine e consumo, in modo da incontrare le richieste dei clienti. Il *supply chain management*, invece, integra la fornitura e la domanda attraverso il coordinamento di più aziende. Si è, quindi, visto come il SCM sia un insieme di aree funzionali tra cui la logistica che, a sua volta, comprende numerose *task* come:

- a) La ricezione del materiale da parte dei fornitori;
- b) Il controllo dell'inventario;
- c) La preparazione per la spedizione al cliente;
- d) Il trasporto al cliente;
- e) La consegna al cliente;
- f) Il *reverse pick-up*;
- g) Il ricevimento di beni da parte dei clienti;
- h) L'occuparsi di pezzi difettosi in outbound;
- i) Le dogane;

La logistica, quindi, viene vista come la gestione di tre tipi di flussi differenti: informativi, finanziari e fisici. Tra le attività fondamentali una delle più critiche risulta essere la gestione dei fabbisogni produttivi e quindi la gestione e pianificazione delle scorte. Questa attività, infatti, risulta fonte di continua ricerca al miglioramento ed ottimizzazione da parte dell'azienda in un'ottica di massimizzazione del livello di servizio al cliente ed una parallela minimizzazione dei costi. Negli anni, si sono susseguite diverse teorie riguardo la presenza o meno di *stock* all'interno dell'azienda: da un lato viste come ingente fonte di costo ma dall'altro come un elemento essenziale per rendere meno fragile la catena produttiva. Occuparsi della gestione delle scorte implica lo studio delle quantità e delle tempistiche con cui ricevere e produrre i prodotti ed è un tema sempre più complesso, maggiori sono gli attori coinvolti nella catena produttiva. Proprio per questo motivo nel corso degli anni sono stati studiati e implementati differenti metodi per la pianificazione e il controllo dei fabbisogni.

2.MRP

I sistemi di controllo e pianificazione della produzione, noti con l'acronimo di MPC, esistono sin dal principio della rivoluzione industriale. Con l'introduzione della tecnologia, alcune attività sono state informatizzate e questo ha permesso un incredibile passo avanti sotto il punto di vista dell'accuratezza, affidabilità e prevedibilità. Nel corso degli anni cinquanta, con l'aumentare della disponibilità e potenza dei computer, si è sviluppato uno strumento noto come *Material Requirements Planning* (MRP), che ha poi trovato il suo massimo compimento a partire dagli anni sessanta [4]. Lo scopo originario del MRP era quello di gestire l'*inventory waste* per prodotto con domanda dipendente, permettendo attraverso l'uso dei computer di fare calcoli rapidi e complessi riguardo a quanto occorreva comprare. L'obiettivo primario di un sistema di MRP è quello di generare accurate informazioni di inventario così da determinare la corretta quantità da ordinare nel tempo corretto [5]. L'MRP può essere definito come un insieme di tecniche che utilizza dati della distinta base, dell'inventario e del *Master Production Schedule* (MPS) per calcolare il fabbisogno di materiali. Un MRP temporizzato parte dalla lista di *item* del MPS e determina la quantità di tutti i componenti e materiali richiesti per fabbricare quegli *item* e la data in cui questi sono richiesti. Per poterlo fare, quindi, occorre esplodere la distinta base, aggiustare le quantità d'inventario a disposizione, oppure ordinato, e dare al fabbisogno netto il *lead time* appropriato [6]. L'MRP può essere visto come un centro di calcolo: l'MPS manda i segnali di domanda al MRP che in uscita creerà una lista di ordini di fornitura sincronizzati in base all'inventario e alla struttura del prodotto. Gli ordini di fornitura vengono accompagnati da data e quantità richiesta che definiscono gli elementi di sincronizzazione del piano, che poi verranno inviati ai piani di produzione e di acquisto.

Vengono, inoltre, inserite delle assunzioni per far portare avanti il piano [7, p.22]:

- i dati devono essere accurati e completi;
- i *lead time* devono essere fissi;
- ogni articolo di inventario entra ed esaurisce le scorte;
- nessun ordine viene iniziato se non sono disponibili tutti i pezzi;
- i componenti sono oggetti discreti che possono essere misurati e contati;
- vi è indipendenza tra gli ordini: possono tutti essere iniziati e completati singolarmente;

L'MRP è stato un grande passo avanti in quanto, per la prima volta, quanto necessario veniva calcolato sulla base di quanto già presente e di quanto occorre produrre, il tutto collocato nel giusto *timing*. Per poter applicare questo metodo è di fondamentale importanza il

segnale della domanda: occorre, infatti, conoscere quale sia la richiesta di un prodotto o componente. Questa può essere a sua volta divisa in [7, p. 23]:

- una componente attuale: formata dagli ordini dei clienti;
- una di previsione: darà una stima della domanda futura attraverso l'utilizzo di metodi qualitativi, quantitativi o misti;

Questo tipo di *input* deve essere accurato, in modo da permettere un calcolo del fabbisogno il più possibile vicino alla situazione reale, così da ridurre le scorte ed i costi d'inventario. Normalmente vengono utilizzate entrambe le tipologie di domanda e, in particolare, le previsioni per creare un piano di ordini, che poi verrà aggiustato nel momento in cui saranno visibili gli ordini reali. Il problema delle previsioni è che queste risultano inaccurate: più si attuano previsioni di singoli componenti per periodi sempre più lontani nel tempo e maggiore sarà l'inaccuratezza. Per evitare i problemi dati dalla previsione occorrerebbe utilizzare solo gli ordini effettivi ma questo implicherebbe che il tempo di tolleranza del cliente fosse uguale o maggiore del *cumulative lead time* e cioè del *lead time* più lungo presente nella catena. Questo, però, nella realtà non è possibile in quanto si cerca di avere tempi di tolleranze dei clienti sempre più brevi con *supply chain* sempre più complesse. Di conseguenza applicare esclusivamente gli ordini del cliente all'MRP non sembra plausibile.

Esiste, inoltre, un grande problema riscontrato dall'utilizzo dell'MRP: dalla figura sottostante, è possibile osservare una linea che rappresenta la quantità d'inventario; con questo schema esplicativo, i due autori Ptak e Smith rappresentano come, muovendosi da sinistra a destra, la quantità aumenta, mentre da destra a sinistra diminuisce. [7, p.9]

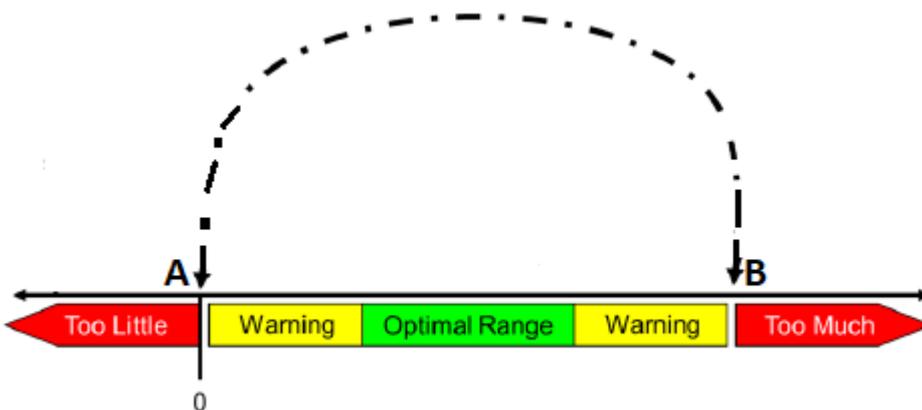


Figura 2.1: funzione di perdita d'inventario;

Nella figura si vedono in particolare rappresentati due punti:

- **A** rappresenta un punto in cui l'azienda ha troppo poco inventario: questo punto rappresenta una quantità di inventario vicina allo zero, in cui si rischia di perdere vendite e restare in *stockout*; in questo punto la *supply chain* è diventata troppo fragile e non è in grado di rifornire l'inventario di quanto richiesto.
- **B** rappresenta un punto in cui l'azienda ha troppo inventario: qui è presente una capacità in eccesso, considerata uno spreco.

Tra questi due estremi c'è il *range* ottimo, colorato di verde, che rappresenta un intervallo di quantità ottima da avere in *stock* per ogni item. Lo spostamento verso una o l'altra direzione, e il conseguente avvicinamento ad uno dei due punti, risulta sempre problematico. È possibile constatare un andamento di tipo bimodale nel corso del tempo, con un pezzo che andrà ad oscillare tra un eccesso e l'altro. In base all'*item* in questione, può passare più tempo in un punto o nell'altro, ma in ogni caso è evidentemente come venga speso poco tempo all'interno della zona ottima. Entrambe le situazioni portano a problemi, da un lato l'eccessivo costo del mantenimento a magazzino, dall'altro il rischio che un pezzo sia in *stockout* e, conseguentemente, quello di dover interrompere la produzione [7, p.11]:

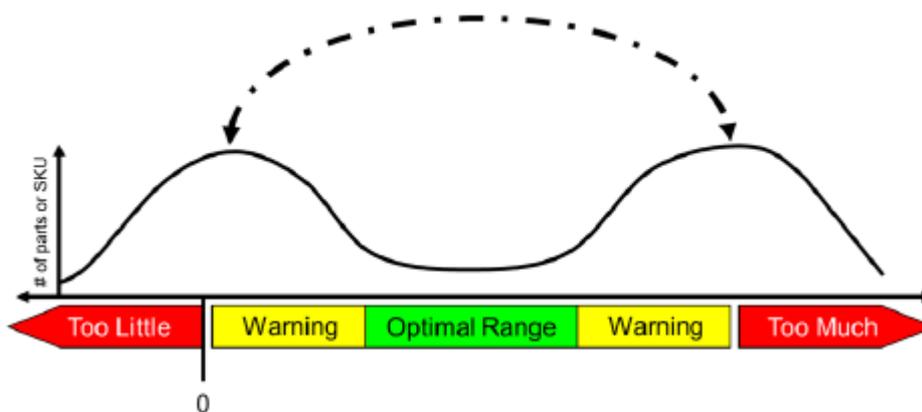


Figura 2.2: distribuzione bimodale dell'inventario;

La figura rappresenta un generico insieme di pezzi e, come si evince dal grafico, un massiccio numero di pezzi è collocato tra i due estremi mentre, al contrario, solo una piccola parte della popolazione si trova nella zona ottimale. C'è, inoltre, un altro fatto da tenere in considerazione: il tempo speso nella zona ottima, dove verranno minimizzati i costi di magazzino, risulta molto breve, in quanto, per gran parte del tempo gli *item* oscillano tra i due estremi, come mostrato dalla curva nera presente nel grafico. Questo tipo di oscillazione

si ha ogni qual volta venga utilizzato un MRP. Vi sono tre effetti principali dovuti a questa distribuzione bimodale:

- a) Alto inventario: la distribuzione può essere sproporzionata in quanto i *planner* potrebbero decidere di direzionarsi verso il punto B ed avere più scorta del necessario; questo comporterà un'obsolescenza di inventario, spazio aggiuntivo richiesto, spreco di capacità e materiale e bassi margini di performance in quanto spesso si è costretti ad apportare degli sconti così da liberare l'inventario.
- b) Carenze croniche e frequenti: la mancanza di disponibilità di alcune parti può portare al blocco della linea produttiva, specialmente nel caso di operazioni di assemblaggio o comunque pezzi e componenti di uso comune; questa mancanza di pezzi comporta ritardi nella produzione e conseguentemente nelle consegne e, quindi, vendite perse;
- c) Costi aggiuntivi: l'azienda è costretta a sobbarcarsi di ulteriori spese per compensare l'effetto bimodale, come ad esempio l'utilizzo di magazzini terzi quando l'inventario è troppo alto, oppure l'uso di trasporti più costosi e veloci quando c'è necessità immediata di materiale.

Altro aspetto che occorre tener presente è sicuramente la variabilità della domanda del cliente che porta a previsioni sempre meno accurate. L'MRP, infatti, non è in grado di supportare variazioni sia nei *lead time* che nella domanda cliente: se la previsione della domanda cliente non è affidabile, gli ordini calcolati saranno inaccurati. Altra conseguenza della variabilità della domanda è il verificarsi dell'effetto *bullwhip* che corrisponde a un estremo cambiamento nella posizione di fornitura a monte, generato da un piccolo cambiamento a valle. L'inventario può spostarsi rapidamente da una zona di carenza ad una di eccesso e questo è dovuto a come gli ordini vengono comunicati all'interno della catena; questo effetto può essere eliminato con la sincronizzazione della *supply chain* [6]. Dalla definizione data, torna il concetto dell'andamento bimodale degli *item* precedentemente visto. Questo effetto consiste nel sistematico guasto di informazioni e materiali rilevanti per la catena: più si andrà in alto nella catena, maggiormente l'informazione si distaccherà da quella originale, in quanto la distorsione del segnale verrà amplificata in ogni nodo, crescendo dai fornitori di basso livello fino al prodotto finale, in quanto si andranno ad accumulare ritardi dati da carenze croniche e mancate consegne nei tempi stabiliti [7, p.19]. Risultato dell'effetto *bullwhip* su produzione e approvvigionamento, sarà una perdita di capacità e un aumento dell'inventario. L'MRP, infatti, prevede una dipendenza tra tutti gli ordini calcolati nella filiera e questo non aiuta a contrastare tale effetto, ma anzi, porta ad amplificarlo generando ordini distorti e oscillanti.

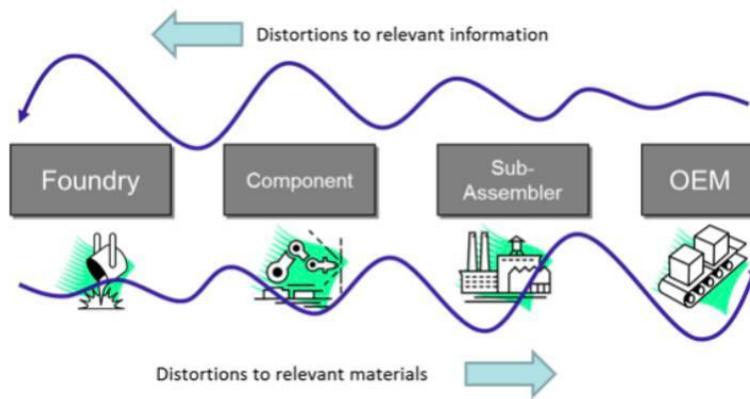


Figura 2.3: effetto bullwhip lungo la catena;

Ovviamente, il dover utilizzare la previsione della domanda, meno accurata degli ordini reali, comporta un aumento dell'effetto *bullwhip* e del fenomeno di nervosismo dell'MRP. Infatti, il metodo creando delle dipendenze tra componenti rende il sistema stesso nervoso, il che si traduce praticamente nel fatto che un piccolo cambiamento nei livelli più alti (zero o uno), comporti significativi cambiamenti in fatto di qualità e tempistiche nei livelli più bassi (quinto o sesto) [6]. Infatti, la previsione degli ordini che cambia per ogni periodo temporale rende il sistema nervoso in quanto non è possibile aumentare le quantità entro il tempo di consegna senza che vi sia un'accelerazione della produzione. Alternativamente, se le quantità richieste diminuiscono si avrà un eccesso di scorta che comporta un aumento dei costi [8]. Utilizzando l'MRP l'unico metodo per non rendere il sistema nervoso sarebbe quello di non attuare cambiamenti, allontanandosi però da quello che richiede il mercato. Esistono dei metodi per ridurre il nervosismo del sistema [7, p.28]:

- utilizzare intervalli di tempo settimanali: è un metodo per rendere il sistema più calmo, anche se comporta di dover estendere l'orizzonte temporale, il che porta un'ulteriore inaccuratezza e, in secondo luogo, si nota come invece di avere tanti piccoli cambiamenti giornalieri si hanno grandi cambiamenti su base settimanale;
- appiattire la distinta base: ridurre il numero di connessioni, non andando a considerare tutte le posizioni intermedie, così da ridurre il numero di informazioni; il problema è che così facendo si rischia di avere un'ipersemplificazione che può portare a generare errori o rappresentazioni fuorvianti.

Quanto illustrato sin ad ora porta a capire a pieno quali siano i problemi legati all'MRP, che produrrà dei piani con alti livelli di errore con conseguenti rappresentazioni non veritiere dell'ambiente in esame. Per questo motivo, quello che si intende fare è cercare un metodo per ridurre questi fenomeni e i loro conseguenti effetti sulla gestione dei fabbisogni.

3. DDMRP

Il metodo del *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) ha l'obiettivo di superare alcuni dei limiti del MRP precedentemente elencati utilizzando dei *decoupling buffer*, così da ridurre eventuali fenomeni distorsivi dovuti alla variabilità. Tale metodo risulta ben illustrato nel libro: "*Demand Driven Material Requirements Planning*" - Ptak and Smith. Questa soluzione mira ad avere un livello di sofisticatezza che porta più visibilità e sincronizzazione da una prospettiva di pianificazione ed esecuzione, mentre, allo stesso tempo, porta a promuovere segnali chiari, semplici e molto visibili all'interno dell'organizzazione. Questo consiste nell'utilizzare un metodo che protegga e promuova il flusso di informazioni e materiali, attraverso la gestione di *stock* strategici. [7, p.52]

Tale metodologia si compone di cinque step quali: il posizionamento strategico dei buffer, il loro conseguente dimensionamento e adattamento dinamico, la gestione della domanda e la fase di monitoraggio.

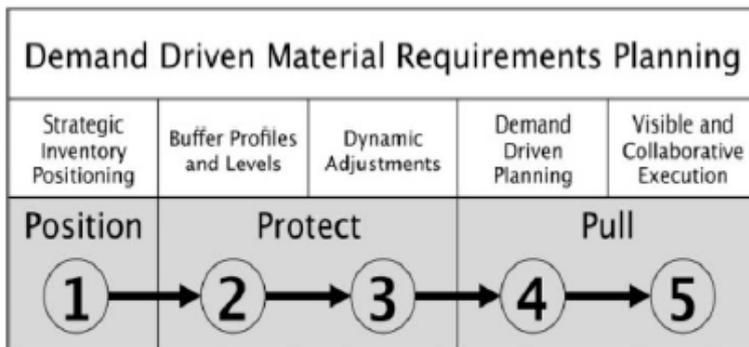


Figura 3.1: le cinque fasi del DDMRP;

Nelle seguenti sezioni verranno brevemente spiegate le cinque differenti fasi che compongono questo metodo.

3.1 Posizionamento decoupling buffer

Andando ad analizzare le differenti fasi, la prima riguarda il posizionamento dei decoupling buffer. Vi è una distorsione della domanda cliente, insita in cause esterne alla realtà aziendale e che non può, di conseguenza, essere controllata. Un modo per ridurre tale variabilità può essere quello di inserire dei punti di disaccoppiamento che rendano parzialmente indipendente le differenti fasi, così da non propagare questa variabilità. Tali punti di disaccoppiamento sono rappresentati da buffer e definiti come una quantità di scorta, utilizzati per generare indipendenza tra processi ed entità. Il posizionamento di questi punti risulta essere una scelta strategica fondamentale: da un lato, un numero

eccessivo di buffer andrebbe ad invalidare i benefici del metodo portando ad un aumento di inventario e, quindi, di costi ma, dall'altro lato, l'aver pochi buffer porterebbe all'esporsi ad eccessivi rischi di *stockout*. Per poter decidere dove posizionare i differenti buffer si tiene conto di sei differenti fattori, quali [7, p.58]:

- *Customer Tolerance Time*: è il tempo che il cliente è disposto ad attendere per la consegna del bene, da quando emette l'ordine prima di considerare approvvigionamenti alternativi; se è molto basso e tendente al nullo, occorrerà posizionare un buffer vicino al cliente così che questo possa ritirarlo immediatamente.
- *Market Potential Lead Time*: questo *lead time* consente un aumento del prezzo del prodotto con conseguente aumento del profitto. Un esempio esplicativo può essere la riduzione sostanziale del *lead time* di produzione di un nuovo bene immesso sul mercato, così da incrementare le vendite e cavalcare il picco di domanda del mercato.
- *Sales Order Visibility Horizon*: è l'orizzonte in cui si è consci degli ordini di vendita; maggiore è l'orizzonte di visibilità degli ordini, piuttosto che il *forecasting*, e meno sarà necessario l'utilizzo di buffer in quanto una maggiore visibilità porta ad un'accuratezza più grande dal momento che non vengono utilizzate previsioni.
- *External Variability*: può essere dovuta alla variabilità della domanda dei clienti o ad eventuali distorsioni nella fornitura da parte dei *supplier*. La prima rappresenta il numero di picchi di domanda presenti nel tempo di tolleranza del cliente: se la domanda risulta essere molto variabile occorrerà posizionare dei buffer nei prodotti finiti. La seconda, invece, dipende dall'affidabilità dei fornitori e dal potere contrattuale delle parti: è buona norma inserire dei buffer negli *item* prodotti da terzi così da isolare il sistema da variabilità esterne.
- *Inventory Leverage and Flexibility*: per alcuni prodotti chiave, ad esempio comuni a BOM di più prodotti finiti, può essere strategico l'utilizzo di buffer, così da aggregare la domanda a valle ed elidene parzialmente la variabilità.
- *Critical Operation Protection*: rappresentano dei punti dove è necessario proteggere aree chiave perché, ad esempio, soffrono di capacità limitata, problemi di qualità o accumulo della variabilità.

I buffer di disaccoppiamento rappresentano l'aspetto fondamentale del DDMRP in quanto, come precedentemente ricordato, permettono di ridurre la variabilità esterna dal lato *supplier* e *customer*, di evitare il propagarsi di quest'ultima all'interno della catena ed emettere gli ordini ai buffer di disaccoppiamento precedenti. Tali buffer saranno dimensionati sulla base di tre differenti zone, ciascuna rappresentante un livello di consumo differente [7, p.97]:

- *Green Zone*: determina la frequenza media di emissione degli ordini e la dimensione di questi;
- *Yellow Zone*: ha il compito di garantire la copertura di *stock* nel periodo in cui le quantità ordinate sono in fase di trasporto o approvvigionamento;
- *Red Zone*: ricopre il ruolo delle scorte di sicurezza che garantiscono il livello di servizio contro picchi di domanda o variabilità della fornitura;

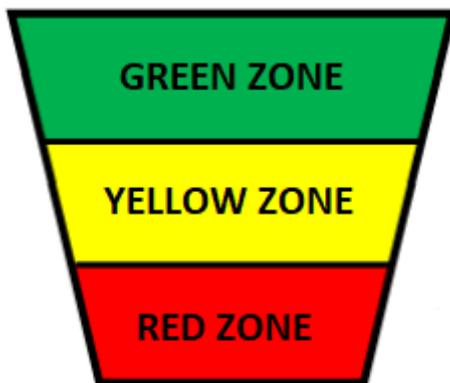


Figura 3.1.1: zone del buffer di disaccoppiamento;

3.2 Dimensionamento dei buffer

Per quel che riguarda il dimensionamento dei buffer, verranno utilizzati dei parametri specifici a seconda delle differenti zone che andranno dimensionate e di seguito è riportato un breve, ma indispensabile ai fini della spiegazione, riassunto delle componenti necessarie:

- *Item Type*: rappresenta la tipologia di *item* considerato, che potrà essere:
 - a. *Manufactured (M)*: prodotto all'interno dell'azienda;
 - b. *Purchased (P)*: ne fanno parte i beni acquistati da un fornitore esterno al fine di essere introdotti nel ciclo produttivo aziendale;
 - c. *Distributed (D)*: spedito all'interno dell'azienda da un *plant* all'altro;

Tale classificazione viene fatta per avere un controllo diretto sui differenti tipi di *item*, assegnare le diverse responsabilità e i relativi *lead time* che assumeranno un valore differente in base alla specifica tipologia.

- *Lead Time*: il *lead time* può essere diviso in tre categorie: corto, medio, lungo. Tenendo conto del *lead time* e del tipo di *item*, verrà assegnato un *lead time factor* che servirà per dimensionare la *green zone*. Tale *lead time factor* è una percentuale correttiva che sarà tanto minore quanto più grande è il *lead time* [7, p.99]:

part type	lead time category	Lead time range (giorni)	Lead time factor range
Purchased & distributed	Short	0-10	61%-100%
	Medium	11-25	41%-60%
	Long	26+	20%-40%
Manufactured	Short	0-4	61%-100%
	Medium	5-9	41%-60%
	Long	10+	20%-40%

Tabella 3.2.1: Lead time factor per tipologia di prodotto;

Più il *lead time factor* sarà basso, più la *green zone* sarà piccola e, dato che quest'ultima determina la dimensione media degli ordini e la frequenza, un *lead time factor* più piccolo porterà ad ordini di minore dimensione e più frequenti. Il *lead time factor* viene, inoltre, utilizzato per il dimensionamento di uno dei due componenti che formano la *Red Zone* chiamato *Red Base* che, seguendo il ragionamento precedentemente fatto con la *Green Zone*, sarà tanto minore quanto maggiore è il *lead time*.

- Variabilità: trattando il concetto di variabilità, occorre riferirsi ad ambo i lati della domanda e della fornitura. Per entrambe, si possono considerare tre differenti livelli. Partendo dalla domanda, si avrà [7, p.101]:
 - Alta variabilità: sono presenti numerosi picchi di domanda;
 - Media variabilità: occasionalmente sono presenti picchi di domanda;
 - Bassa variabilità: non ci sono picchi di domanda e questa può essere considerata stabile;

Dal lato della fornitura, parallelamente, si avrà:

- Alta variabilità: quando sono presenti numerose interruzioni nella fornitura;
- Media variabilità: quando occasionalmente sono presenti interruzioni;
- Bassa variabilità: quando si hanno forniture stabili grazie, ad esempio, alla presenza di *supplier* di riserva.

La variabilità viene utilizzata, attraverso un *variability factor*, come parametro per dimensionare un componente della *Red Zone*, noto come *Red Safety*. Tale fattore di variabilità aumenta all'aumentare della variabilità dell'*item*:

Categoria di Variabilità	Range del Variability Factor
Alta variabilità	61%-100%
Media variabilità	41%-60%
Bassa variabilità	0-40%

Tabella 3.2.2: *fattore di variabilità;*

Si deduce facilmente che maggiore sarà la variabilità e maggiore sarà la zona responsabile delle scorte di sicurezza, così da evitare di incorrere in situazioni di *stockout*.

- ADU: L'*Average Daily Usage* rappresenta il consumo medio giornaliero calcolato su un dato orizzonte temporale. L'ADU è calcolato come la media dei volumi di prodotti che per ogni *time bucket* si programma di consumare. Occorre, quindi, stabilire su quale orizzonte temporale calcolare l'ADU: più si sceglierà un orizzonte ampio e più questo risulterà stabile e non influenzato dalle variazioni di quantità. Come diretta conseguenza ne risulterà che occorrerà scegliere un orizzonte più o meno lungo a seconda che si voglia o meno tener maggiormente conto del rumore della domanda. L'analisi dell'orizzonte temporale può essere svolta utilizzando differenti tipologie di dati e, in particolare, si avrà:
 - *Analisi backward:* verranno utilizzati dati storici senza andare eccessivamente indietro nel tempo, così da evitare di incorrere nel rischio di avere dati non più attendibili e proprio per tale motivo si tende a non superare le dieci-dodici settimane nel passato; questo tipo di analisi viene utilizzata maggiormente per contesti caratterizzati da domanda stabile.
 - *Analisi forward:* in questo caso verranno considerati esclusivamente gli ordini futuri, senza utilizzare previsioni di domanda per gli orizzonti temporali più lontani e, di conseguenza, limitarsi esclusivamente all'arco temporale di cui si ha piena visibilità. Tale tipo di analisi viene utilizzata per contesti con domanda fortemente variabile o, in alternativa, per prodotti in particolari fasi del ciclo di vita come, ad esempio, la fase iniziale di lancio in cui non è possibile utilizzare dati storici.
 - *Analisi blended:* questo terzo caso racchiude le due tipologie precedenti e, quindi, utilizza ambo i dati storici e i *sales order* futuri e la scelta della lunghezza dell'orizzonte temporale dipenderà dal peso che si vuole dare ad entrambi.

L'ADU può, inoltre, essere corretto con un fattore chiamato *Demand Adjustment Factor* che considera la stagionalità ed altri fattori di variabilità, così da garantire una gestione più efficiente del magazzino.

Il calcolo dell'ADU risulta essere particolarmente importante in quanto si tratta di un parametro necessario per il calcolo della *Green*, *Yellow* e *Red Zone*. In particolare, tali zone verranno calcolate come [7, p.112]:

- *Green Zone*: può essere dimensionata come il massimo valore ottenuto tra tre differenti formule:
 - a. $GZ\ IOC(t) = ADU(t) \times IOC$
O, equivalentemente:
 $GZ\ DOC(t) = ADU(t) \times DOC$
dove il *Imposed Order Cycle* (IOC) o *Desired Order Cycle* (DOC) rappresentano il numero di giorni che è necessario, o si desidera, far trascorrere tra due ordini differenti.
 - b. $GZ\ LT(t) = Lead\ Time\ Factor \times ADU(t) \times DLT$
 - c. *Minimum Order Quantity* (MOQ): rappresenta la quantità minima da ordinare.

La zona verde sarà data dal massimo calcolato tra questi tre valori:

$$GZ(t) = MAX(ADU \times IOC; LT\ factor \times ADU \times DLT; MOQ)$$

- *Yellow Zone*: sarà calcolata come:
 $YZ(t) = DLT \times ADU(t)$
- *Red Zone*: tale zona sarà data dalla somma del contributo di due fattori:
 - a. $Red\ Base(t) = ADU(t) \times DLT \times Lead\ Time\ Factor$
 - b. $Red\ Safety(t) = Red\ Base(t) \times Variability\ Factor$

$$Red\ Zone(t) = Red\ Base(t) + Red\ Safety(t)$$

Quindi, in conclusione, ci saranno tre quantità che delimitano le aree dei buffer e che saranno:

- *Top of Green* (TOG): rappresenta l'estremo superiore del buffer e sarà dato da:
 $TOG = Red\ Zone(t) + Yellow\ Zone(t) + Green\ Zone(t)$
- *Top of Yellow* (TOY): rappresenta il livello di buffer che separa la Yellow dalla Green Zone e sarà:
 $TOY = Red\ Zone(t) + Yellow\ Zone(t)$
- *Top of Red* (TOR): rappresenta il livello di buffer che separa la Yellow dalla Red Zone e sarà:
 $TOR(t) = Red\ Zone(t)$

3.3 Aggiustamento dinamico

La fase successiva risulta essere quella dell'aggiustamento e adattamento dinamico alle condizioni di cambiamento. Normalmente tale aggiustamento viene attuato come reazione a rapidi cambiamenti della domanda in intervalli di tempo brevi. Occorre tener presente che tali aggiustamenti vanno considerati in modo attento in quanto i buffer calcolati con il DDMRP sono robusti e dotati della flessibilità necessaria per rispondere a cambiamenti del sistema: sono progettati in modo da assorbire la variabilità; infatti, più grande sarà il fattore di variabilità usato e maggiore sarà la robustezza del buffer. Gli aggiustamenti dinamici andrebbero usati nei casi in cui la variabilità rischi di sopraffare i buffer, facendo però attenzione che non causi un eccesso di inventario, in tal caso questi fattori non dovrebbero essere utilizzati. Si avranno, quindi, due tipi di aggiustamento dinamico [7, p.127]:

- a) *Recalculated Adjustments*: esistono tre fattori critici che hanno un impatto diretto sulle equazioni dei buffer: ADU, *lead time*, MOQ. Tra questi, l'impatto maggiore risulta essere quello del *lead time* e del consumo medio giornaliero in quanto questi fattori andranno ad impattare tutte e tre le zone in esame, mentre dall'altro lato il MOQ viene utilizzato solo in una delle formule necessarie per il calcolo della *Green Zone*. Tra i tre, sicuramente il fattore più dinamico è l'ADU che, come suggerisce il nome stesso, deve essere ricalcolato ed aggiornato ogni giorno. In questi casi si parlerà di aggiustamenti automatici.
- b) *Planned adjustments factors*: i buffer possono essere manipolati attraverso dei fattori di aggiustamento. Tali fattori si basano su una data visione strategica ma anche su un andamento storico dell'azienda. Il primo fattore di aggiustamento preso in considerazione sarà il *Demand Adjustment Factor* (DAF) che risulta essere una manipolazione dell'ADU in un certo periodo di tempo. Tale fattore viene normalmente utilizzato per rapidi cambiamenti della domanda oppure per tener conto della stagionalità; questi fattori vengono utilizzati in modo da separare quello che si conosce, cioè il modello della domanda, da quello che invece è ignoto: il livello di domanda attuale che si andrà ad avere. Può, inoltre, essere usato per gestire improvvisi abbassamenti o innalzamenti dei buffer ed in tal caso si avranno degli allarmi dell'ADU che dovranno essere valutati dall'azienda, in modo da capire quale sia la causa scatenante. Un secondo aggiustamento dinamico può essere quello del *Lead Time Adjustment Factor* in cui si applica un fattore di aggiustamento a uno o più componenti affetti da una modifica del *lead time* considerata in fase di pianificazione. Infine, un ultimo modo per apportare aggiustamenti dinamici è quello di andare a manipolare le zone di buffer attraverso degli *Zone Adjustment Factor*. Uno di questi fattori può essere

applicato a ciascuna delle tre zone di buffer ma, avendo ognuna uno scopo differente, tale fattore deve essere utilizzato in modo appropriato a seconda del tipo di aggiustamento.

- *Green Zone Adjustment Factors (GZAF)*: la zona verde determina la frequenza e la dimensione degli ordini; con l'utilizzo di questo fattore la zona verde può essere limitata o espansa per ogni *time bucket*, così da aumentare la dimensione degli ordini e ridurre la frequenza, o viceversa.
- *Yellow Zone Adjustment Factors (YZAF)*: la zona gialla rappresenta il cuore dei buffer per la copertura della domanda; con questo fattore vengono considerate eventuali variazioni nei lead time di fornitura o produzione o, comunque, eventi che vanno a modificare l'ADU oppure il *decoupled lead time*.
- *Red Zone Adjustment Factors (RZAF)*: con l'utilizzo di tale fattore è possibile evitare situazioni di *stockout* in periodi caratterizzati da variabilità di domanda o fornitura purché tali eventi rimangano di natura temporanea e non comportino cambiamenti nel profilo del buffer.

3.4 Demand Driven Planning

Passo successivo risulta essere quello del *demand driven planning*, in cui saranno definite le richieste di lancio degli ordini. Occorre tenere a mente come il metodo del DDMRP tenda a cercare di utilizzare solo gli ordini effettivi, senza considerare le previsioni di domanda, così da prevenire l'effetto *Bullwhip*. Prendendo, quindi, le informazioni relative ai *sales order* si costituisce un'equazione nota come *Net Flow Equation* che verrà utilizzata per la pianificazione giornaliera degli ordini. Tale equazione, infatti, viene utilizzata per la gestione degli ordini in termini di quantità e tempistiche. Attraverso questa equazione si risponde alle principali domande sorte in fase di pianificazione: cosa e quanto l'azienda possiede in magazzino e cosa e quanto sta per arrivare, quali sono gli ordini dei clienti e se ci sono o meno eventuali picchi di domanda attesi. Per ogni *time bucket* si avrà che lo stato attuale del buffer sarà dato dal *Net Flow Position*, definito come [7, p.150]:

$$NFP(t) = On - Hand(t) + On - Order(t) - Qualified Demand(t)$$

Che rappresentano rispettivamente:

- *On-Hand(t)*= la quantità in *stock* fisicamente disponibile;
- *On-Order(t)*= la quantità in transito in magazzino, cioè ordinata ma non ancora ricevuta;

- *Qualified Demand(t)*: rappresenta la somma della domanda nel *time bucket* immediatamente successivo, quindi dei *sales order* previsti, di quelli in evasi per i quali si è in ritardo e di possibili picchi presenti in un orizzonte futuro;

Come è possibile notare anche questa equazione risulta molto semplice ma occorre porre particolare attenzione nell'individuazione dei picchi di domanda, i così detti *Order Spike*. Tali picchi vengono individuati secondo due condizioni rappresentate dall'orizzonte temporale considerato, chiamato *Order Spikes Horizon*, e dalla quantità che lo qualifica, chiamata *Order Spikes Threshold* che quindi rappresenta il livello che determina un picco di domanda. Per individuare l'orizzonte temporale entro cui la domanda cumulativa giornaliera può essere qualificata come picco, normalmente si assegna un orizzonte almeno pari al *decoupled lead time*; questo potrà, ad esempio, essere individuato come la somma tra il DLT e una costante pari a 1:

$$\text{Spike Horizon}(SH) = DLT + 1$$

Viene considerato tale orizzonte temporale in modo che, se ci fosse un picco di domanda, si avrebbe il tempo necessario per far sì che non si creino situazioni di *stockout*. Per quel che riguarda l'*Order Spikes Threshold*, Ptak e Smith danno tre differenti opzioni per il suo calcolo:

- $0.5 \times \text{Red Zone}(t)$
- $\text{Red Base}(t)$
- $ADU(t) \times 3$

Chiaramente ciascuno dei tre metodi porterà ad avere risultati diversi. Tra i tre il più utilizzato risulta spesso il primo, il più conservativo che restituisce un valore inferiore rispetto agli altri, portando così ad avere un livello di inventario mediamente più alto che, dall'altro lato, porta ad avere un minor rischio sul livello di servizio. In ogni caso, al di là di quale dei tre metodi si scelga di usare, normalmente il valore dell'*Order spikes threshold* dovrebbe essere scelto nei limiti della *Red Zone*. Questa zona, infatti, è quella che garantisce la sicurezza del buffer e, di conseguenza, scegliere una soglia dei picchi di domanda superiore esporrebbe il buffer al rischio di avere una copertura insufficiente.

Appurato quale sia il modo per calcolare la *Net Flow Position*, la generazione dell'ordine avverrà quando questa assumerà un valore minore del Top of Yellow del *time bucket* considerato:

$$NFP(t) < TOY(t)$$

La quantità ordinata sarà tale da far tornare la *Net Flow Position* pari alla *Top of Green* e, di conseguenza, sarà un valore corrispondente alla differenza tra la *Top of Green* e la *Net Flow Position*. Gli ordini, quindi, verranno generati esclusivamente monitorando i buffer di

disaccoppiamento che richiederanno ai buffer immediatamente precedenti nella filiera di produrre o spedire le quantità richieste.

Nel MRP tradizionale la generazione degli ordini risulta essere un qualcosa di netto e privo di sfumature in cui la decisione riguardo l'urgenza e la priorità degli ordini viene affidata ai pianificatori. In quest'ottica, un aspetto innovativo del DDMRP risulta essere il così detto *Planning Priority*, che sarà calcolato come una percentuale della zona verde. Si tratta di un differente modo di individuare la posizione netta: più bassa sarà questa percentuale e più urgente sarà l'ordine da emettere. Questo viene spesso rappresentato con il colore della zona del buffer in cui cade il valore della *Net Flow Position*, così da far corrispondere ad un diverso grado di priorità anche un impatto visivo facilmente comprensibile: se, ad esempio, la *Net Flow Position* si trova nella zona rossa, l'ordine da generare sarà più urgente che nel caso di *Net Flow Position* presente nella zona gialla. Questo semplice metodo formato da valori percentuali e colori corrispondenti, permette ai pianificatori di conoscere in modo puntuale l'urgenza degli ordini e di farli partire di conseguenza.

3.5 Execution

La fase di pianificazione termina nel momento in cui l'ordine di approvvigionamento viene approvato e il suddetto diventa, quindi, un ordine aperto. L'ultima fase, nota come *Execution*, si occupa proprio di questi ordini aperti. In questo stadio ci si occupa della gestione degli ordini aperti contro due principi fondamentali: lo stato del buffer e la sincronizzazione.

Per quanto riguarda gli allarmi dei *buffer status*, questi possono essere a loro volta suddivisi in due categorie:

- *Current On-Hand Alert*: progettato per mostrare quale posizione di rifornimento è in uno stato di rischio, secondo la prospettiva esclusiva dell'*on-hand*; questi allarmi mostrano per quali pezzi vi è necessità di una fornitura immediata, così da sapere a quale fornitura dare la precedenza.
- *Projected On-Hand Alert*: questo allarme si occupa di calcolare la penetrazione della zona rossa nel prossimo futuro così da avvisare per tempo l'intera catena produttiva. In questo caso si parla, come ricorda il nome, di una proiezione che, però, tiene conto dei migliori dati a disposizione.

Nei punti dipendenti si avranno allarmi di sincronizzazione dei materiali o del *lead time*. Infatti, la sincronizzazione rimane un aspetto fondamentale per poter garantire di non trasmettere variabilità tra un *decoupling point* e il cliente. Anche questo secondo tipo di allarmi può essere diviso in due ulteriori categorie:

- *Material Synchronization Alerts*: questi allarmi mostrano carenze di fornitura rispetto ad allocazioni della domanda conosciuta; questi allarmi servono per mostrare ai pianificatori i fattori che hanno fatto scattare l'allarme ma anche quelli che potrebbero porvi rimedio.
- *Lead Time Alert*: questo è un allarme per *item* strategici privi di buffer; si tratta di pezzi che non hanno volumi sufficienti da richiedere delle scorte ma che possono creare problemi di sincronizzazione quando sono richiesti. Si parla, ad esempio, di fornitori problematici o di forniture provenienti da particolari aree geografiche. Questi allarmi vengono utilizzati per controllare lo stato di criticità di un pezzo, prima che sorgano problemi di sincronizzazione.

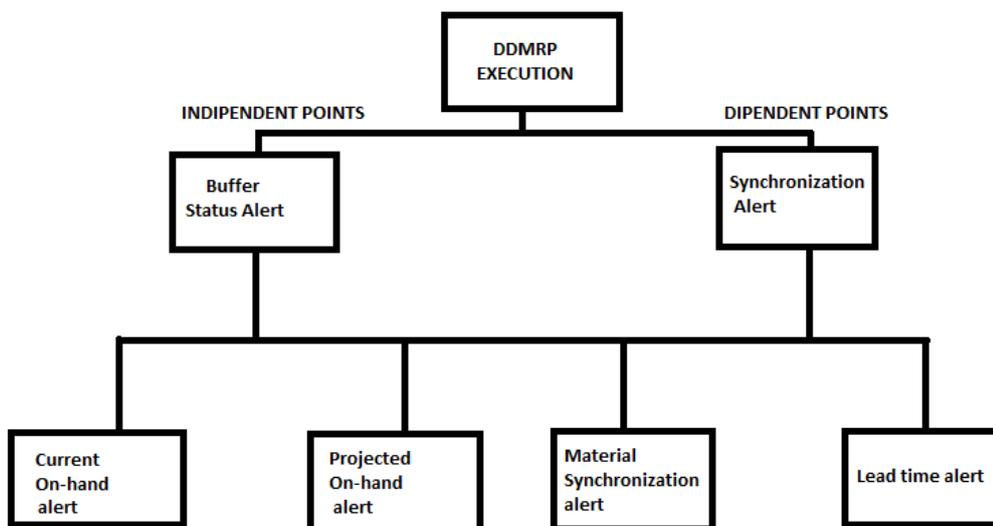


Figura 3.5.1: quattro allarmi della fase di execution;

In questo studio verrà approfondito lo stato del buffer. Un'indicazione di questo, che prende il nome di *buffer alert*, è data dal confronto dello stock effettivamente disponibile con dei particolari intervalli. Infatti, come spiegato nella fase introduttiva, il livello di *stock* in magazzino può essere compreso in una zona ottima oppure, situazione molto più probabile, può trovarsi in *understock* o *overstock*. Occorre, però, individuare queste diverse aree; si avrà che la *Optimal Zone* sarà data da:

$$\text{Optimal Zone} = [\text{Top of Red}; \text{Top of Red} + \text{Green Zone}]$$

Per quanto riguarda la situazione di *overstock*, e quindi le scorte che superino l'estremo superiore della *Optimal Zone*, si avrà un'ulteriore divisione in base al livello di gravità; per una gravità lieve si avrà la *High Yellow*:

$$\text{High Yellow} = [\text{Top of Yellow}; \text{Top of Yellow} + \text{Optimal Zone}]$$

Vi sarà poi una zona collocata sopra questo intervallo che verrà definita come *High Red*, in cui lo *stock* sarà in quantità fortemente eccessive con ripercussioni soprattutto in termini di costi. Stessa suddivisione può essere fatta per l'*understock*, dove si avrà una zona di *Low Yellow* e una di *Low Red*, dove ci sarà un rischio molto elevato di rottura di *stock*. Ovviamente, questi intervalli andranno ricalcolati di volta in volta al variare delle dimensioni del buffer.



Figura 3.5.2: suddivisione in zone del buffer alert;

Il sistema andrà a restituire un segnale di allarme ogni qual volta l'*On-hand* si trovi in una situazione di *Low Red* in quanto, non essendoci abbastanza *stock*, si rischia di trasmettere la variabilità all'interno della *supply chain*. Lo stato del sistema può essere espresso anche attraverso un valore percentuale dato dal rapporto tra l'*On-Hand*(t) e il TOR(t), così da avere un valore numerico che renda immediatamente chiara la situazione del sistema, in quanto permette un immediato confronto tra buffer differenti, così da capire dove occorre intervenire in modo tempestivo. Il raggiungimento di questi livelli di allarme, infatti, viene utilizzato per generare una collaborazione all'interno della *supply chain*.

Nel capitolo successivo verrà analizzato un caso di studio applicativo in cui si andrà ad applicare il metodo del DDMRP.

4. IL CASO SAES GETTERS

Quanto precedentemente illustrato in forma teorica riguardo l'utilizzo del DDMRP verrà di seguito applicato ad un caso reale sviluppato in collaborazione con l'azienda Saes Getters S.p.A. e, in particolar modo, riguardo il loro stabilimento produttivo di Avezzano (AQ).

4.1 Il contesto aziendale

L'azienda è una *advanced functional materials company* e, quindi, si occupa di inventare e produrre internamente nuove famiglie di composti e materiali dotati di speciali caratteristiche utilizzabili in svariati settori che vanno dall'automotive alla purificazione dei gas. L'azienda nasce nel 1940 a Firenze con il nome SAES (Società Apparecchi Elettronici e Scientifici) per iniziativa dell'ingegner Gabrielli. La storia della società è simile a quella di tanti grandi colossi, con le prime scoperte attuate in cantine convertite in laboratori. L'azienda, grazie alle sue *core competence*, risulta *brand leader* nella costruzione dei *getters*. Con il termine *getters* vengono indicati tutti quei dispositivi che vengono utilizzati per ottenere il vuoto ed aspirare l'aria portando la pressione atmosferica diversi ordini di grandezza inferiori rispetto a quella atmosferica. Tale apparecchio consiste in una pasticca al bario, in grado di rilasciare questo elemento nel momento opportuno così da catturare il gas. Con questo termine, quindi, si intende definire un composto in grado di assorbire chimicamente il gas per mantenere e ridurre la pressione parziale. L'idea che diede inizio alla nascita di questo colosso, è stata quella di brevettare un nuovo modo per realizzare i *getters*: proteggere le pasticche di bario con dei coperchietti di nichel e, conseguentemente, progettare macchine in grado di realizzare questi nuovi prodotti appartenenti ad un settore tecnologico e molto specializzato. L'azienda sin dal principio si concentra su tre principi cardini: una ricerca originale ad alto livello scientifico, uno stretto contatto con il mercato e un attento monitoraggio dell'innovazione tecnologica. Ben presto si amplia in Europa ed in particolare in Francia, Germania e Inghilterra. Nel 1957 la società deposita il brevetto per i *getters* da televisori sia in bianco e nero, che a colori, prodotti su scala industriale. Nel 1978 la società cambia nome da SAES a SAES Getters e conquista sempre più potere di mercato grazie ai numerosi lanci di nuovi prodotti. Negli anni ottanta l'azienda decide di intraprendere una verticalizzazione e nel 1984 nasce il magazzino di Avezzano, a fianco della Piana del Fucino, in provincia dell'Aquila. Questo stabilimento diventerà noto come SAES Metallurgia, che si occupa della produzione del bario e della lega bario-alluminio, SAES Engineering che realizza tutti gli strumenti necessari per la lavorazione metallurgica delle leghe, e Gemedis che si occupa delle leghe contenenti mercurio, uno dei prodotti *core* del business [9]. Negli anni 2000 l'azienda intraprende numerose acquisizioni ed aperture di nuovi impianti produttivi che permettono di diversificare il portafoglio prodotti in numerosi

settori. Ad oggi, infatti, l'azienda lavora in ambiti quali: *automotive, healthcare, packaging* flessibile, sicurezza e difesa, equipaggiamento scientifico, illuminazione, energia rinnovabile, isolamento termico e domotica. Attualmente l'azienda consta di ben dieci siti produttivi distribuiti tra Europa e Stati Uniti, ma è anche presente in Asia con numerose filiali e distributori autorizzati. [10]



Figura 4.1.1: paesi in cui è presente SAES Getters;

L'azienda ha una strategia che si muove su due fronti paralleli: da un lato investire costantemente in ricerca e sviluppo per consolidare tecnologie esistenti e svilupparne di nuove e dall'altro acquisire società e tecnologie complementari al loro portafoglio, così da garantire una redditività a lungo termine, il mantenimento dell'eccellenza tecnologica e della leadership mondiale. La società nel 2020, come riportato nel comunicato stampa di Marzo 2021 [11], presenta un fatturato complessivo di gruppo pari a 177,7 milioni di euro con una riduzione pari a 16,3 milioni rispetto al 2019, dovuta all'avvento del Covid-19. Vi sono differenti divisioni all'interno del gruppo: *metallurgy, vacuum technology, medical, special chemicals* e *advanced packaging*. Tra questi, la divisione di Avezzano che verrà qui trattata, riguarda gli *special chemicals* che hanno avuto, nel 2020, dei ricavi consolidati pari a 12,2 milioni di euro con un calo del fatturato relativo ai componenti avanzati prodotti nello stabilimento in provincia dell'Aquila che hanno subito una forte tensione nei prezzi. La società, come da comunicato, presenta un numero di risorse umane superiori a mille [12], facendo dell'azienda una grande impresa secondo i parametri di PMI definiti dalla Commissione Europea.

4.2 Caso studio

Tra i nuclei industriali di proprietà dell'azienda, verrà analizzato quello di Avezzano. Nello stabilimento vengono prodotti più di seimila *item* quindi, per motivi legati alla complessità e lunghezza dello studio, si è deciso di sperimentare il metodo del DDMRP solo su dei prodotti strategici dal punto di vista del volume occupato e, quindi, dei conseguenti costi. Quello che si vuole cercare di ottenere è un confronto tra i livelli di scorte attualmente utilizzate all'interno dell'azienda con l'MRP e il corrispettivo livello ottenuto tramite il DDMRP.

Per la fase di simulazione è stato necessario fare una serie di assunzioni, tra cui:

- *lead time* costanti;
- settimane con cinque giorni lavorativi, dal lunedì al venerdì senza considerare chiusure straordinarie;
- la simulazione viene svolta dal primo lunedì del 2021;
- la merce può essere consegnata dai fornitori e ai clienti in qualunque giorno lavorativo;
- gli ordini ai fornitori possono essere inviati in qualunque giorno lavorativo;
- non vi sono ritardi nelle consegne;

Per quel che concerne la selezione dei prodotti, ne sono stati selezionati cinque appartenenti ad una stessa famiglia di pillole. Queste sono ottenute comprimendo la polvere di lavorazione delle leghe in un processo di fabbricazione controllato e stabile. Tali pillole sono presenti in numerose dimensioni e configurazioni, così da consentire la selezione del modello più adatto per qualunque dispositivo per il vuoto, a seconda del carico di gas previsto. Queste pillole non evaporabili assorbono efficacemente i gas attivi a differenti livelli di temperatura. In particolare, le pillole selezionate vengono utilizzate nei termos, secondo il principio del mantenimento del vuoto, che porta un isolamento termico tra l'interno e l'esterno così da assorbire i gas impuri presenti nel device in cui vengono inseriti.



Figura 4.2.1: prodotti oggetto del caso studio;

In particolare modo, i prodotti selezionati avranno dei codici associati:

- 5F0305: pillole di diametro 6 e altezza 4 millimetri vendute a chilo;
- 5F0548: pillole di diametro 4 e altezza 2 vendute a numero;
- 5F0537: pillole di diametro 6 e altezza 2 vendute a numero;
- 5F0538: pillole di diametro 4 e altezza 2 vendute a numero;
- 5F0539: pillole di diametro 6 e altezza 3 vendute a numero;

Per poter ottenere questi cinque differenti prodotti finiti occorre sottoporre le differenti materie prime ad una serie di lavorazioni che si susseguono all'interno dello stabilimento dell'azienda. Per poterle realizzare, infatti, occorre partire da otto differenti tipi di polveri provenienti da fornitori dislocati tra Stati Uniti, Cina e Svizzera. Con questi viene poi creata una lega attraverso l'utilizzo di forni fusori; in seguito, questa viene frantumata con una pressa, per poi essere granulata così da renderla più piccola. La fase successiva consiste nell'inserimento di questo granulato all'interno di mulini che, attraverso lo sfregamento di biglie, riducono la dimensione della polvere. In questo stadio può essere aggiunto l'alluminio che verrà miscelato per poi ridurre ulteriormente la dimensione della polvere così da ottenere il prodotto finito. Di seguito viene riportata una figura rappresentante la distinta base dei prodotti:

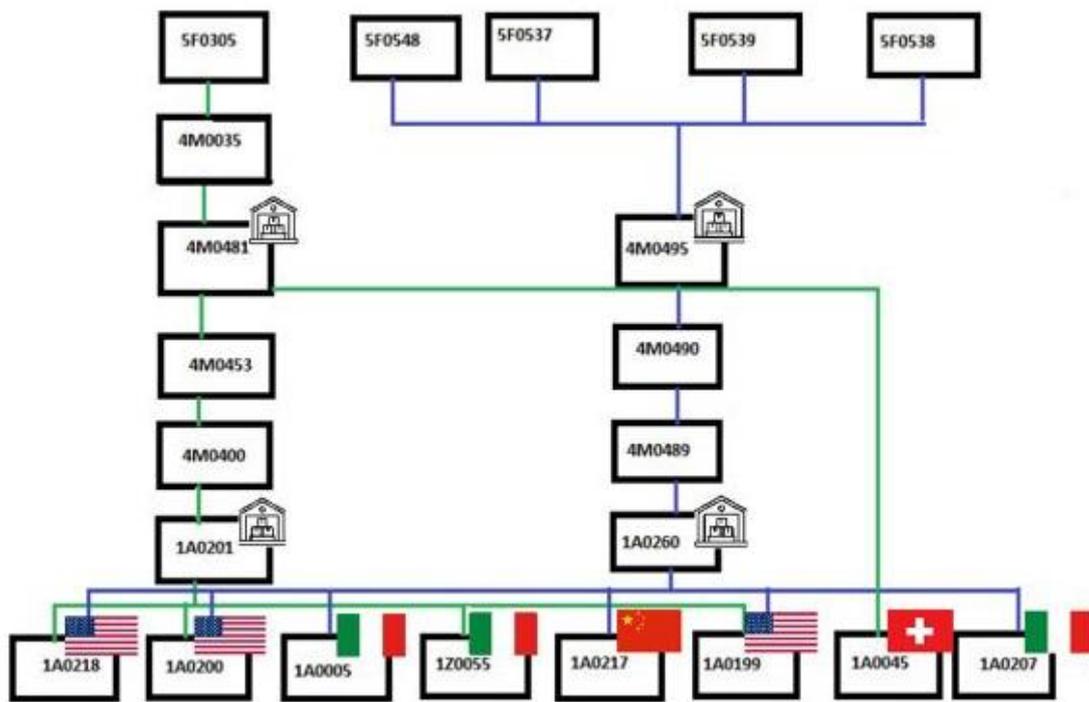


Figura 4.2.2: distinta base del caso studio;

Andando ad analizzare i singoli codici, avremo che:

- 5F0305, 5F0548, 5F0537, 5F0538, 5F0539: rappresentano, come precedentemente detto, i cinque prodotti finiti designati per lo studio e che attualmente non presentano scorte di sicurezza;
- 4M0045: rappresenta una miscelazione tra l'alluminio e la polvere precedentemente lavorata;
- 4M0481, 4M0495: rappresentano la fase di setacciatura della polvere che viene quindi ridotta di dimensione; in questa fase sono attualmente predisposte delle scorte di sicurezza che risultano però in eccesso e, quindi, inadeguate a seguire la domanda;
- 4M0453, 4M0490: questi codici rappresentano la fase di granulazione della lega;
- 4M0400, 4M0489: viene qui rappresentata la fase di frantumazione;
- 1A0201, 1A0260: rappresentano la creazione della lega a partire dalle materie prime; trattandosi di una fase delicata del ciclo del prodotto sono qui presenti delle scorte di sicurezza;
- 1A0218, 1A0200, 1Z0055, 1A0199, 1A0045, 1A0005, 1A0217, 1A0207: rappresentano le otto materie prime di partenza che andranno unite per ottenere le due differenti leghe; tali materie prime provengono da Cina, Stati Uniti, Svizzera ed Italia e, avendo

lead time che vanno dai venti ai settantacinque giorni, anche in questo step viene utilizzata una scorta di sicurezza. In base al paese di provenienza le consegne saranno effettuate via aerea, in nave o via terra e, mentre per la maggior parte si utilizza una fornitura *single sourcing*, per due materiali proveniente dagli Stati Uniti viene utilizzata una dual sourcing con medesimo lead time.

4.2.1 Attuale gestione degli ordini

All'interno dell'azienda, ed in particolare nello stabilimento di Avezzano, che risulta al centro del caso studio, viene utilizzato un sistema di *Material Requirements Planning*. L'MRP va a raccogliere la domanda presa dal portafoglio ordini e calcola il fabbisogno netto andando a sottrarre a questa la giacenza di magazzino. L'azienda per poter emettere gli ordini di materie prime necessarie, utilizza il portafoglio di ordini effettivi e di previsioni di ordini inserite in base al *rolling forecast* che riceve mensilmente dalla funzione commerciale. Il tutto viene inserito nel sistema ed utilizzato come input per la pianificazione del fabbisogno di materiale e delle risorse di produzione. Il successivo valore ottenuto viene poi traslato indietro nel tempo per tener conto del lead time di produzione così da avere tutto il materiale necessario nel giorno in cui i prodotti devono essere consegnati. Partendo, quindi, dalla domanda si avrà il calcolo del fabbisogno per i prodotti finiti e poi, attraverso un'esplosione della BOM dei prodotti, si andrà ad ottenere il fabbisogno per i singoli componenti. Note le giacenze in magazzino verranno quindi calcolati i diversi fabbisogni di materie prime e semilavorati così da schedulare gli ordini; il sistema offre un suggerimento sulle quantità e tempistiche da utilizzare per il lancio degli ordini e spetta poi ai programmatori decidere se affidarsi totalmente al sistema o cambiare qualcosa in termini di quantità richieste e tempi da utilizzare. Il metodo del MRP è molto utilizzato nelle aziende di ambito industriale ma quello che caratterizza ciascuna azienda è l'utilizzo di particolari *input* che vengono dati al sistema per elaborare il calcolo del fabbisogno. Nel caso in esame i dati di *input* che vengono considerati sono:

- *Purchasing Lead Time*: è il tempo che intercorre dal momento in cui viene emesso l'ordine sino al momento in cui le materie prime arrivano in magazzino, sdoganate e pronte ad essere utilizzate;
- *Production Lead Time*: è il tempo che occorre alla produzione per completare l'ordine e rendere il prodotto disponibile;
- Previsione della domanda: per quanto riguarda la generazione degli ordini, questi vengono emanati utilizzando i *sales order* e delle previsioni di ordini fatte su base

mensile dall'ufficio marketing, che utilizza un piano a quattro anni; è proprio l'uso di queste previsioni che si cerca di eliminare con l'uso del DDMRP;

- *Minimum Order Quantity*: rappresenta la quantità minima con cui effettuare gli ordini. All'interno dell'azienda sia i prodotti finiti che le diverse componenti vengono gestite con il MOQ;
- Scorta di sicurezza: rappresenta il livello di giacenza che deve essere presente sempre in magazzino, per evitare di incorrere in situazioni di *stockout*. Tale scorta non è però presente per tutti i componenti ma bensì solo per quelli ritenuti più critici dai pianificatori;

Il sistema, utilizzando questi dati, permette di ottenere dei suggerimenti d'ordine che poi potranno o meno essere modificati dai programmatori; tale piano sarà aggiornato ogni notte, così da tener conto dei nuovi ordini da parte dei clienti.

A seguito del completamento degli ordini emessi dai clienti, verranno raggiunti i lotti di spedizione e, in virtù dei contratti stipulati, la consegna al cliente potrà o meno essere di competenza dell'azienda. Lo stesso prodotto potrà quindi avere condizioni di resa diversa che potranno andare dal DDP, acronimo per *delivery and duty paid*, in cui l'azienda si assume il carico del trasporto dal suo magazzino sino a quello del cliente finale, oppure un DAP, *delivery at place* o un FCA, che sta per *free carrier*, che consiste nello sdoganare la merce ad Avezzano e portarla a Roma a carico dell'azienda stessa e poi da lì raggiungere il cliente, dovunque esso sia, con costi di trasporto a carico del cliente. Il tipo di resa andrà a disciplinare la proprietà della merce, del costo del trasporto e dell'assicurazione che potrà essere a carico del cliente o dell'azienda.

4.2.2 Scelta del time bucket

Per effettuare la scelta dell'orizzonte temporale si è deciso di andare ad analizzare i *sales order* risalenti agli anni passati, per valutare in quali periodi fossero presenti un maggior numero di ordini per i cinque prodotti selezionati. Si è deciso, quindi, di svolgere l'analisi in un intervallo di tempo che andasse dal primo lunedì di gennaio fino al mese di giugno e, in particolare, dalla settimana uno alla ventitre dell'anno corrente. Nonostante i dati aziendali riguardo la domanda cliente e gli stock siano stati dati su base settimanale, si è deciso di utilizzare un *time bucket* su base giornaliera, considerando cinque giorni lavorativi dal lunedì al venerdì. La ragione di tale scelta risiede principalmente nel fatto che il sistema MRP attualmente utilizzato dall'azienda opera giornalmente e ogni notte lancia un nuovo piano di emissione ordini e, di conseguenza, il DDMRP deve adoperare la stessa logica operativa. Inoltre, occorre ricordare che un parametro fondamentale del metodo simulato è l'*Average Daily Usage* che rappresenta proprio il consumo medio giornaliero e che, quindi, dovrebbe

avere una frequenza di ricalcolo giornaliera. All'interno del *tool* di Excel utilizzato per la simulazione, ciascun *time bucket* è stato rappresentato con le prime tre lettere del giorno della settimana e il numero della settimana scelto: quindi, il giorno di partenza sarà Mon1, cioè il lunedì della prima settimana del 2021. La simulazione comprende 115 *time bucket* dal momento che sono stati presi in considerazione esclusivamente i cinque giorni lavorativi.

4.2.3 Tool Excel

Per condurre questa simulazione è stato utilizzato il *tool* Excel, così da poter testare il funzionamento del DDMRP. Il *tool* è formato da più fogli con riferimenti intrecciati e, in particolare, si avrà:

- a) Foglio domanda mensile: sarà presente un foglio per ogni domanda mensile per i cinque prodotti di cui si è deciso di testare la simulazione. Il foglio conterrà una tabella con l'intervallo temporale testato, per tutti gli *item* studiati, a partire dai prodotti finiti fino alle materie prime. In particolare, partendo dagli ordini dei prodotti finiti è stato calcolato il fabbisogno mensile di ogni item facente parte della distinta base dei diversi prodotti selezionati per il caso studio;
- b) Foglio domanda giornaliera: dai dati forniti dall'azienda si nota come gli ordini dei clienti avvengono orientativamente ogni quindici giorni; per poterli distribuire all'interno dei *time bucket*, si è deciso di distribuirli in modo lineare nei cinque giorni lavorativi tra un ordine e l'altro. Seguendo questo ragionamento, quindi, si avrà:

	Mon1	Tue1	Wed1	Thu1	Fri1	Mon2
	Dthu1/4	Dthu1/4	Dthu1/4	Dthu1/4		
Item					Dmon2/2	Dmon2/2

Tabella 4.2.3.1: suddivisione della domanda mensile;

Nella tabella sovrastante è possibile vedere un esempio di quanto precedentemente annunciato, nel caso di un prodotto finito generico. Dato un ordine richiesto per Thu1, la domanda verrà divisa per tutti i giorni lavorativi fino al giorno in cui questa deve essere spedita. Questo procedimento diventa necessario per il calcolo dell'*Average Daily Usage* e, proprio per tale motivo, occorrerà creare matrici simili per ciascun *part type*. Queste matrici verranno calcolate a partire da quelle dei prodotti finiti, andando a moltiplicare le quantità di semilavorati e materie prime necessari per formare le quantità richieste, così da poter in seguito calcolare l'ADU e la *Qualified demand* per ognuno di essi.

- c) Foglio *Input*: altro foglio presente all'interno del file excel è quello contenente tutti i fattori di *input* necessari per svolgere la simulazione vera e propria e che verranno

elencati nel dettaglio nei paragrafi successivi. Qui saranno presenti tutti i dati forniti dall'azienda e utilizzati all'interno delle diverse formule che il metodo del DDMRP prevede.

- d) Foglio *Lead Time e Qualified Demand*: in questo foglio sono presenti nel dettaglio il calcolo del *lead time* e della domanda qualificata per ciascun componente presente all'interno della simulazione. Per la *qualified demand*, in particolare, verrà utilizzata la domanda giornaliera calcolata nel foglio descritto in precedenza.
- e) Foglio ADU: al suo interno contiene il calcolo del *Average Daily Usage* per ciascun *item* preso in esame, calcolato a partire dalla domanda giornaliera per ciascun *part number*.
- f) Foglio Simulazione: questo è il foglio della simulazione vera e propria, dove attraverso l'utilizzo dei dati e dei risultati degli altri fogli, si arriva ad ottenere il risultato di *output* della simulazione.
- g) Foglio *Stock analysis*: qui sono presenti i dati relativi alla presenza di stock in azienda con l'attuale utilizzo del MRP, utilizzati come base per attuare il confronto presente nel foglio di simulazione.
- h) Foglio *Buffer graphs*: in questo foglio sono riportati i grafici finali ottenuti inserendo i dati di *output* della simulazione, così da avere un confronto grafico tra l'attuale situazione presente nel magazzino con l'utilizzo del MRP e quella che si avrebbe usando il DDMRP.

Tutti questi fogli verranno spiegati in modo più puntuale nei prossimi paragrafi, ciascuno in una delle fasi del metodo in cui viene utilizzato.

4.2.4 Posizionamento dei buffer

Durante la fase di descrizione teorica è stata data molta enfasi all'importanza della prima fase del DDMRP che corrisponde alla scelta del posizionamento dei buffers di disaccoppiamento. Tale scelta, come precedentemente descritto, ha un forte carattere strategico in quanto può generare da un lato un forte appesantimento dei magazzini e dall'altro rischiose situazioni di *stockout*. Al fine di posizionare al meglio i buffer di disaccoppiamento, occorrerebbe tenere in considerazione le sei variabili descritte nella sezione teorica. In particolare:

- a) *Customer lead time*: L'azienda si rivolge a clienti che effettuano ordini con grande anticipo, per questo motivo si è deciso di considerare questo fattore nullo in ottica di un miglioramento continuo da parte dell'azienda che, secondo una politica di affidabilità, si impegna a non effettuare consegne in ritardo. Come è possibile notare dalla tabella sottostante, infatti, ciascun prodotto possiede un *customer lead time*

massimo e minimo entro cui la consegna deve essere effettuata e, per ciascun prodotto, il *customer lead time* medio risulta ampiamente nei limiti; nella tabella è possibile vedere i dati relativi al 2021:

Item	Maximum Customer Lead Time	Minimum Customer Lead Time	Average Customer Lead Time
5F0305	334	106	216
5F0537	345	76	185
5F0538	62	62	62
5F0539	245	229	237
5F0548	290	54	153

Tabella 4.2.4.1: *customer lead time per ciascun item;*

- b) *Market potential lead time:* si considera che non vi siano contrazioni di *lead time* tali da modificare il portafoglio clienti dell'azienda. Infatti, sono i clienti stessi che nel momento di effettuare l'ordine propongono una data di consegna che può essere o meno accettata dall'azienda; il punto fondamentale per l'affidabilità e credibilità della società è quello di rispettare la data concordata, la così detta "data promessa" che è quella confermata dall'azienda e su cui viene monitorato il livello di servizio, e cioè l'*on-time deliveries*.
- c) *Sales order visibility horizon:* tale valore può essere fissato pari ai giorni in cui per i clienti non è più possibile cambiare l'ordine, il così detto *frozen period*. Per l'azienda tale periodo corrisponde al tempo che intercorre tra la fine della contrattazione per la data di consegna dell'ordine e la data stessa. Infatti, una volta concordato con la produzione la data entro cui l'ordine partirà per essere consegnato, questo non può più venire modificato dal cliente.
- d) *External variability:* in questo caso occorre considerare la variabilità dal lato domanda e fornitori. Per quanto riguarda i fornitori va considerato che l'azienda ha un *vendor rating* per monitorare l'affidabilità nelle consegne e, superata una data soglia, i *supplier* verranno prontamente sostituiti. Per questo si ritiene che questo tipo di variabilità sia da considerare bassa. Per quanto riguarda quella dal lato cliente, invece, è possibile visionare le cumulate delle domande mensile nel corso degli anni 2020 e 2021 per cercare di attuare una comparazione tra i due; l'idea originale prevedeva la comparazione di più anni ma sfortunatamente non è stato possibile reperire dati antecedenti al 2020. Occorre sottolineare, però, che con l'arrivo del Covid-19 le aziende hanno visto una nuova normalità che si sta tuttora consolidando

quindi utilizzare dati antecedenti a tale *disruption* potrebbe risultare in qualunque caso fuorviante. Ultima considerazione da fare riguarda i dati del 2020 che potrebbero essere fortemente influenzati dalla pandemia, trattandosi proprio dell'arco temporale in cui questa ha iniziato a manifestarsi e, per tale motivo, occorre comunque tenerne conto durante le analisi di tipo qualitativo riguardo la variabilità della domanda.

Nel primo grafico è possibile vedere l'andamento, nei sei mesi presi come riferimento per lo studio, del prodotto finito 5F0305 nel corso dei due anni in esame; Come si nota le quantità, espresse in grammi, risultano notevolmente variabili da un anno e l'altro, con un tasso di variazione mensile medio molto elevato.

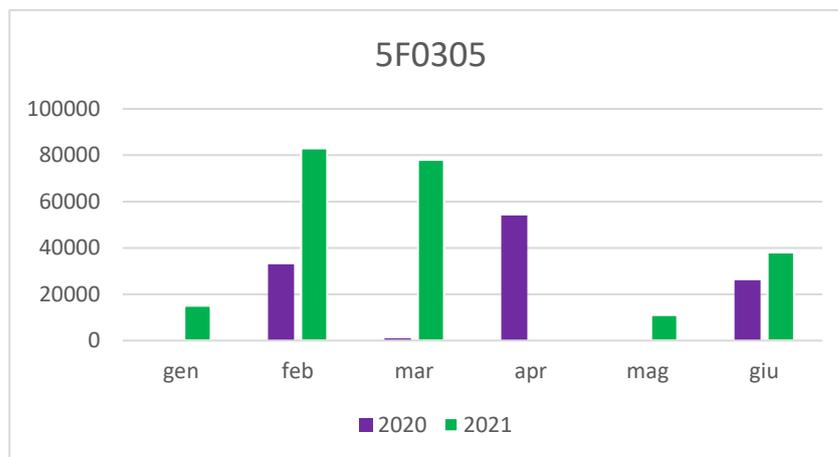


Figura 4.2.4.1: Domanda mensile del prodotto 5F0305;

Per i restanti item, aventi tutti la stessa distinta base, si avranno delle domande che nella maggior parte dei casi comportano poche richieste di grandi quantità, con ordini sporadici durante i sei mesi presi come riferimento, eccezion fatta nel caso dell'item 5F0537 e 5F0548. Per tutti questi prodotti le quantità risultano espresse in pezzi e non in grammi come precedentemente visto.

Risulta comunque ben visibile una forte variazione tra un anno e l'altro per ciascuno di essi.

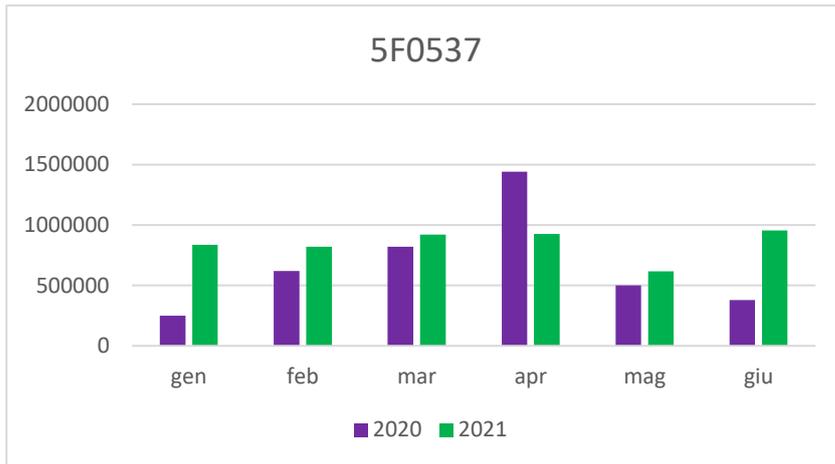


Figura 4.2.4.2: Domanda mensile del prodotto 5F0537;

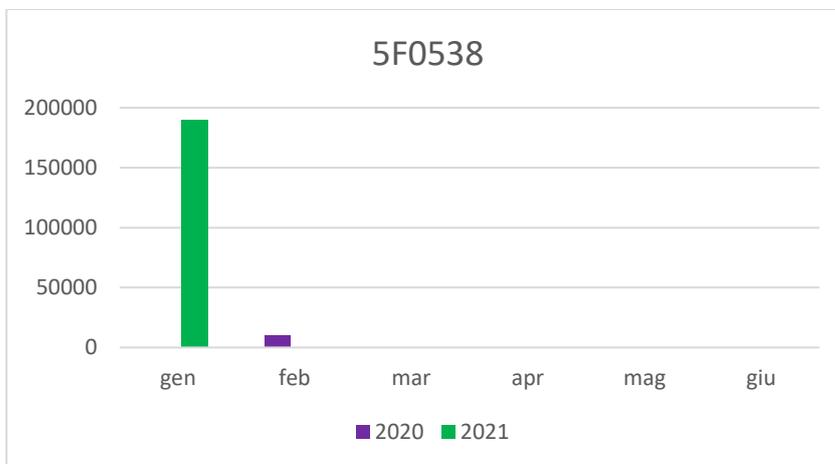


Figura 4.2.4.3: Domanda mensile del prodotto 5F0538;

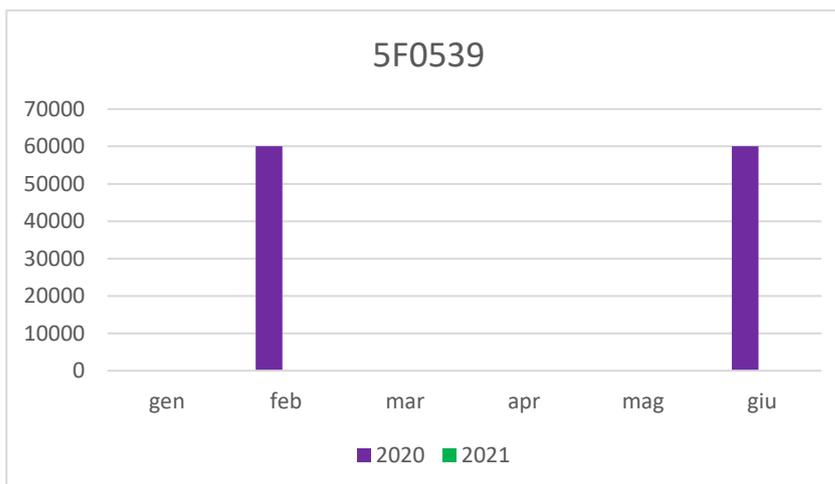


Figura 4.2.4.4: Domanda mensile del prodotto 5F0539;

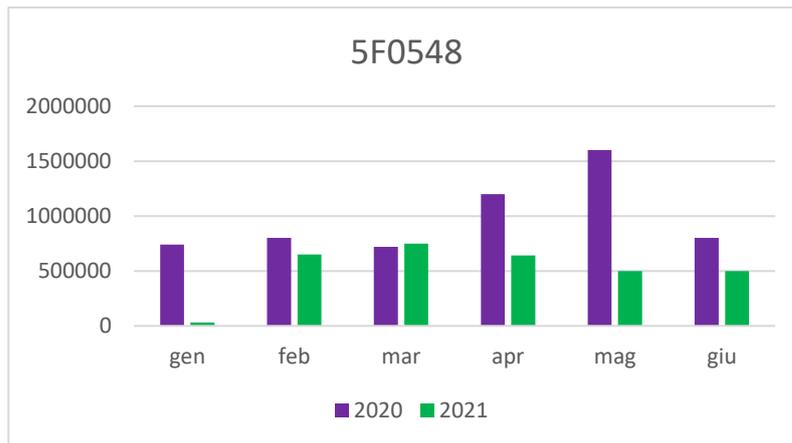


Figura 4.2.4.5: Domanda mensile del prodotto 5F0548;

- e) *Inventory leverage and flexibility*: in questa fase occorre tener conto dei *lead time* di produzione e di acquisto dei diversi componenti. Come precedentemente descritto, i *purchasing lead time* (PLT) risultano essere lunghi, andando dai venti fino ai settantacinque giorni e, in virtù del concetto di *decoupling lead time*, risulta sicuramente conveniente posizionare dei buffers dove sono presenti le materie prime:

Materie Prime	Purchasing Lead Time (gg)
1A0218	25
1A0200	75
1A0005	50
1Z0055	30
1A0217	20
1A0199	75
1A0045	75
1A0207	20

Tabella 4.2.4.2: lead time materie prime;

- f) *Critical Operation Protection*: in questo punto occorre andare ad analizzare scrupolosamente le diverse fasi di produzione così da capire se ci sia o meno l'esistenza di punti critici. Grazie al supporto del Supply Chain manager si è riusciti a capire quali siano le fasi che richiedono maggiormente attenzione nel processo in esame. Partendo dalle materie prime, in cui è presente una scorta di sicurezza, si passa alla creazione della lega che è considerata una fase critica e, di conseguenza, presenta anch'essa una scorta. Passando al codice superiore, vi è la fase di frantumazione che avviene con una pressa e in cui non vengono utilizzate scorte. Continuando a salire nella distinta base si ha la granulazione che nuovamente non

viene considerata una fase critica in quanto il passaggio da frantumato a granulato è immediato; vi è poi la setacciata in cui viene ridotta la dimensione della lega e qui sono presenti scorte di sicurezza. In questa fase per il prodotto 5F0305 viene aggiunto l'alluminio e miscelato e, senza l'utilizzo di ulteriori scorte- in quanto i volumi non sono così significativi- si arriva al prodotto finito. Per gli altri prodotti in esame, invece, questa fase non viene ad esserci e dal setacciato si ottiene direttamente il prodotto finito. Proprio per i prodotti finiti non viene considerata una scorta di sicurezza in quanto si avrebbero dei costi eccessivi da gestire dovuti al fatto che questo è costituito, da un lato, da tutti i componenti e semilavorati necessari per ottenerlo e, dall'altro, dal costo del lavoro.

L'utilizzo o meno di scorte, quindi, dipende essenzialmente da tre fattori:

- dal tempo di attraversamento: infatti, ad esempio, passare dalla lega al frantumato non è un passaggio immediato ma che, al contrario, richiede tempi lunghi;
- dalla tipologia di lavorazione: ad esempio, sui forni fusori che si occupano della creazione delle leghe ci saranno dei giorni dedicati esclusivamente alla creazione di una lega prima di passare alla successiva, in quanto l'attrezzaggio macchina sui forni richiede un tempo di setup non indifferente e di conseguenza per ogni lega verranno fatte delle scorte nel caso di necessità;
- utilizzo di macchine dedicate: tra la fase di frantumazione e granulazione, ad esempio, ciascun tipo di polvere possiede la sua macchina dedicata e, di conseguenza, non viene ad essere necessario l'utilizzo di stock;

Tenendo conto di tutte le considerazioni di cui sopra e ricordando sempre che lo studio si basa su un confronto dell'attuale MRP usato dall'azienda con il tool di simulazione, si è deciso di posizionare tali buffer solo nei livelli in cui è tuttora presente una scorta di sicurezza:

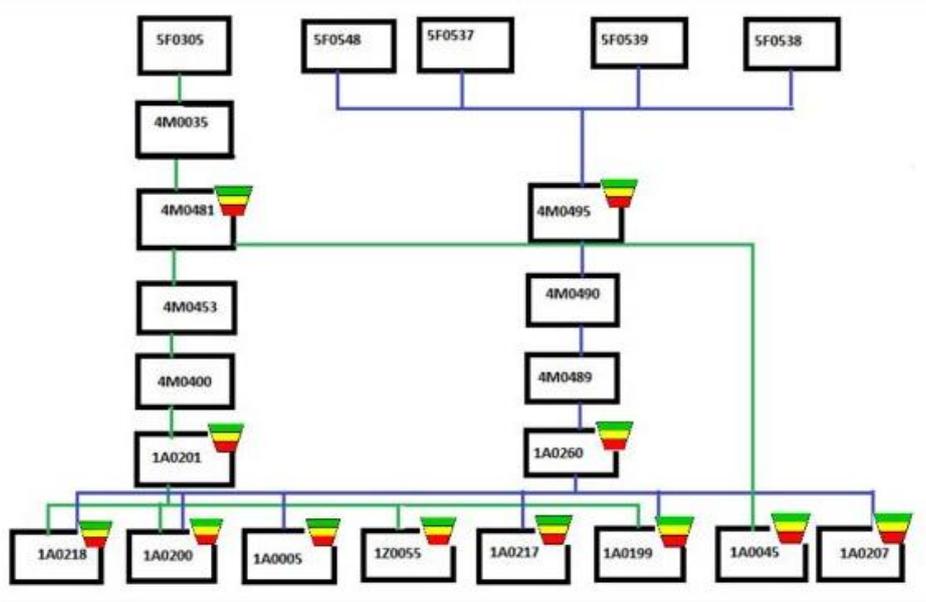


Figura 4.2.4.6: distinta base con inserimento di buffer;

4.2.5 Dimensionamento dei buffer

Una volta posizionati i buffers occorre andare a dimensionarli nel modo corretto, così da garantire un adeguato livello di protezione. Le formule utilizzate per il calcolo delle *Green Zone*, *Yellow Zone* e *Red Zone* risultano, in realtà, molto semplici. Oggetto di maggiore ragionamento e criticità risulta essere il calcolo e la scelta dei parametri da utilizzare per svolgere queste operazioni: occorrerà, infatti, porre attenzione sulla scelta del *Average Daily Usage*, *Variability Factor*, *Lead Time Factor*, *Minimum Order Quantity* e del *Decoupled Lead Time*. Fondamentale in questa fase è stato il rapporto di collaborazione con l'azienda ed in particolare con la Supply Chain Manager che ha fornito tutti i dati di input necessari. Lo studio è stato svolto, come precedentemente descritto, utilizzando un *tool excel* e creando differenti fogli legati tra loro. Il primo foglio che è stato compilato risulta essere quello degli *"Input"*, in cui sono raccolti tutti i dati ottenuti con il supporto della Supply Chain Manager. Questo foglio si sviluppa come una matrice di due dimensioni dove in ogni riga è presente un *item* e per ciascuno di questi sono raccolti i differenti valori necessari per poter iniziare lo studio. Tra questi si ha:

- a) *Part Type*: per ogni *part number* è stato valutato se si trattasse di un prodotto finito e pronto alla vendita (P.F.), di un bene intermedio (I.) che derivi da lavorazioni interne o una materia prima acquistata dall'esterno (M.P.):

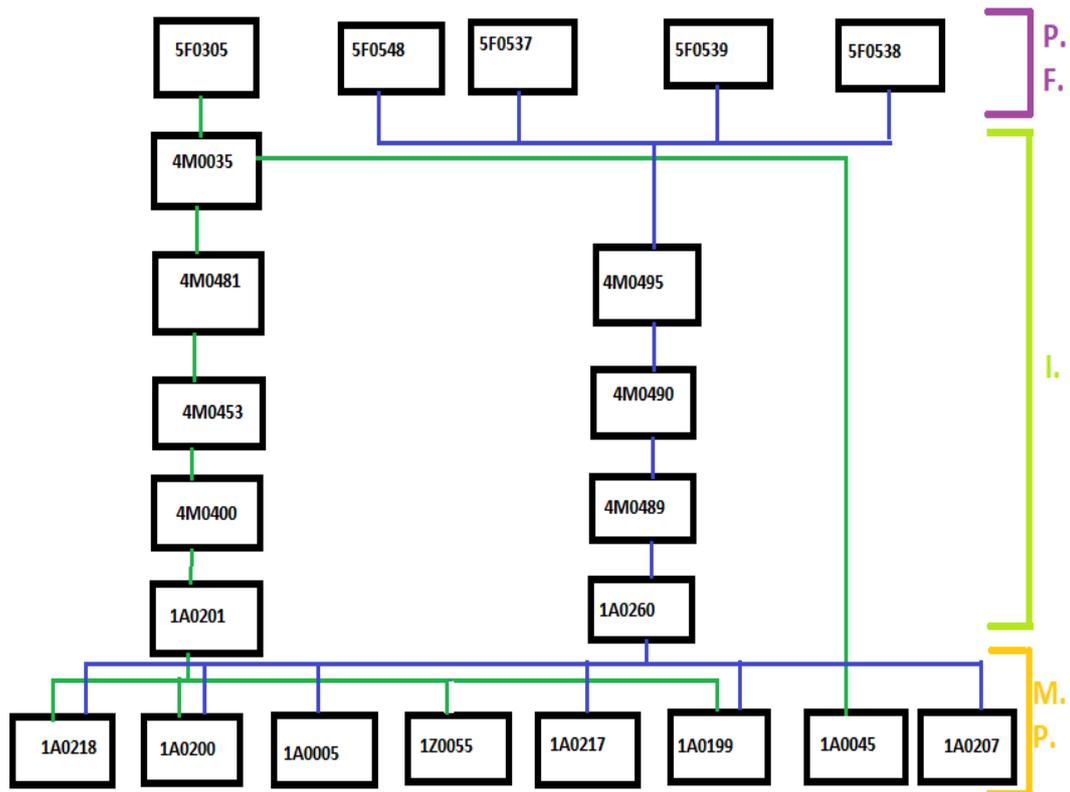


Figura 4.2.5.1: categoria di appartenenza per gli item;

A seguito di tale divisione, è stato conseguentemente assegnato ad ogni *part number* una delle categorie tra *manufactured*, *purchased* e *distributed* così da essere coerenti con il metodo utilizzato da Ptak e Smith:

Item	Part type
1A0218	Purchased
1A0200	Purchased
1A0005	Purchased
1Z0055	Purchased
1A0217	Purchased
1A0199	Purchased
1A0045	Purchased
1A0207	Purchased
1A0201	Manufactured
1A0260	Manufactured
4M0400	Manufactured

4M0453	Manufactured
4M0481	Manufactured
4M0035	Manufactured
4M0489	Manufactured
4M0490	Manufactured
4M0495	Manufactured
5F0305	Manufactured
5F0537	Manufactured
5F0538	Manufactured
5F0539	Manufactured
5F0548	Manufactured

Tabella 4.2.5.1: item classificati per part type;

- b) *Location*: in questa colonna viene riportato il luogo di provenienza dei singoli item. Le otto materie prime utilizzate per i cinque prodotti provengono da Stati Uniti, Cina, Svizzera ed Italia e vengono trasportate, con lead time che superano anche i due mesi, utilizzando navi, aereo o camion. Tutti gli altri componenti vengono invece prodotti nello stabilimento di Avezzano, dove poi saranno trasportati via aereo o camion dai diversi clienti, a seconda di dove sia collocato il magazzino del *customer*. Di seguito una breve tabella riassuntiva riportante le sole materie prime con il loro luogo di provenienza e la tipologia di trasporto con cui vengono consegnate:

Item	Location	Transport
1A0218	USA	aereo
1A0200	USA	nave
1A0005	ITA	camion
1Z0055	ITA	camion
1A0217	China	aereo
1A0199	USA	nave
1A0045	Svizzera	camion
1A0207	ITA	camion

Tabella 4.2.5.2: Location e modalità di trasporto per le MP;

- c) *Decoupled Lead Time*: dopo aver individuato il ruolo dei diversi item all'interno del ciclo produttivo, è possibile andare a calcolare il *decoupled lead time*. Nel caso in esame sono presenti due tipi di *lead time*:

- *purchasing lead time*: corrispondente al tempo di acquisto di un bene fino al momento del suo arrivo e stoccaggio in azienda;
- *production lead time*: corrispondente al ciclo di lavorazione di un prodotto;

Per i componenti *purchased* il DLT coinciderà con il *purchasing lead time* di ciascun pezzo. Per quanto riguarda gli *item manufactured*, invece, tutto dipende dalla presenza o meno del buffer di disaccoppiamento: se sarà presente un buffer il DLT coinciderà con il *production lead time*; se, al contrario, non è presente un buffer occorrerà sommare al *production LT* tutti i *lead time* delle lavorazioni precedenti, fino al buffer più vicino. Quanto detto varrà sia nel caso di prodotti intermedi che di prodotti finiti. Di seguito vengono, quindi, riportati i diversi LT per i singoli componenti. Per poter calcolare i lead time si è scelto di utilizzare l'equazione data da:

$$LT = T_{setup} + Cycle\ Time * Ordine\ Medio$$

Dove il T_{setup} risulta corrispondente a circa metà turno lavorativo e cioè pari a 2,30 ore. Si è, quindi, ottenuto:

Products	Item	Lead Time
5F0305	1A0218	25
	1A0200	75
	1A0045	75
	1Z0055	30
	1A0199	75
	1A0201	1
	4M0400	1
	4M0453	1
	4M0481	1
	4M0035	1
	5F0305	2
5F0537	1A0218	25
	1A0200	75
	1A0199	75
	1A0005	50
	1A0207	20
	1A0217	20
	1 A0260	1

5F0538	4M0489	3
	4M0490	1
	4M0495	11
	5F0537	4
	5F0538	3
5F0548	1A0218	25
	1A0200	75
	1A0199	75
	1A0005	50
	1A0207	20
	1A0217	20
	1 A0260	2
	4M0489	5
	4M0490	2
	4M0495	24
	5F0548	5
	5F0539	1A0218
1A0200		75
1A0199		75
1A0005		50
1A0207		20
1A0217		20
1 A0260		1
4M0489		2
4M0490		1
4M0495		5
5F0539		2

Tabella 4.2.5.3: LT per ciascun item;

Nella tabella sono riportati i diversi *lead time* calcolati con la metodologia precedentemente descritta. Occorre tener presente come, nonostante i semilavorati siano gli stessi, a seconda del tipo di *item* i tempi di processo differiscano e si abbiano, quindi, *lead time* differenti; esempio di ciò risultano essere tutti i componenti dei prodotti 5F0537, 5F0538, 5F0548 che avranno LT diversi. Per maggiore chiarezza nella tabella è stato riportato nella prima colonna il prodotto a cui i componenti e i loro *lead time* si riferiscono, in modo da essere di più facile comprensione.

Ultima precisazione che occorre fare, riguarda l'item 5F0539: questo prodotto finito nel 2021, per i sei mesi presi in analisi, non disponeva di alcun ordine su cui procedere con l'analisi. Per tale motivo si è deciso di ipotizzare un ordine di quantità pari ad uno realmente esistente per novembre 2021 e di portarlo indietro ad una data in cui nel 2020 fosse effettivamente presente un ordine. La decisione di non selezionare direttamente un ordine del 2020 risale alla variabilità che caratterizza i *sales order* nei due anni presi in esame, probabilmente dovuta all'avvento del Covid-19.

- d) *Lead Time Factor*: il terzo parametro da valutare dipenderà dal *lead time* del singolo item e servirà per il calcolo della zona verde e rossa. Seguendo quanto già discusso nella sezione teorica, appare chiaro come al crescere del *lead time* venga utilizzato un fattore più piccolo così da avere ordini più frequenti e di minore entità, dati da una zona verde inferiore, che comporta una riduzione nella portata di eventuali *disruption date* da ritardi o mancate spedizioni. Andando ad analizzare i dati dei diversi DLT calcolati, si è trovato:

Item	DLT
1A0218	25
1Z0055	30
1A0045	75
1A0200	75
1A0199	75
1A0005	50
1A0217	20
1A0207	20
1A0201	1
1A0260	1;2;1
4M0481	1+1+1
4M0495	3+1+11; 5+2+24;2+3+8

Tabella 4.2.5.4 schematizzazione dei DLT;

Dopo aver trovato i diversi DLT occorre assegnare a ciascuno di essi un fattore percentuale. Seguendo la letteratura si è deciso di assegnare i diversi valori in base a quanto riportato nella **Tabella 3.2.1**, dividendo i part type secondo la categoria di appartenenza. Ptak e Smith suggeriscono un range per ogni livello entro cui selezionare la percentuale scelta e nello studio in esame si è deciso di prendere il valore percentuale intermedio per ogni livello considerato.

Item	Category	DLT	Livello	Lead Time Factor
1A0218	Purchased	25	Medio	0.5
1Z0055	Purchased	30	Alto	0.3
1A0045	Purchased	75	Alto	0.3
1A0200	Purchased	75	Alto	0.3
1A0199	Purchased	75	Alto	0.3
1A0005	Purchased	50	Alto	0.3
1A0217	Purchased	20	Medio	0.5
1A0207	Purchased	20	Medio	0.5
1A0201	Manufactured	1	Basso	0.7
1A0260	Manufactured	2	Basso	0.7
4M0481	Manufactured	3	Basso	0.7
4M0495	Manufactured	31	Alto	0.3

Tabella 4.2.5.5: lead time factor sulla base dei DLT;

- e) *Imposed o Desired order cycle*: come descritto precedentemente, IOC o DOC rappresentano il tempo che intercorre tra un ordine e l'altro per vincoli esterni dati da condizioni di fornitura contrattuali o da vincoli nel piano di produzione. Tale parametro è necessario per calcolare una delle tre formule che concorrono alla formazione della *Green Zone*. Non essendo presenti in azienda vincoli di tale tipo, si è deciso di non considerare il DOC; infatti siamo nel caso di prodotti che non subiscono deterioramento nel breve periodo e che quindi non richiedono particolari vincoli sulle frequenze degli ordini.
- f) *Variability Factor*: durante la fase di posizionamento del *decoupled lead time* è già stata ampiamente discussa a livello qualitativo la variabilità dei prodotti presi in esame. In tal caso, però, occorre considerare un fattore quantitativo da andare ad utilizzare per il calcolo della zona rossa. Come precedentemente discusso, maggiore sarà questo fattore e più grande sarà la Red Safety e, di conseguenza, maggiore sarà la capacità della zona rossa di assorbire picchi di domanda o problemi nella fornitura senza incorrere in situazioni di *stockout*. Per ognuno dei tre livelli di variabilità considerato, si è deciso di utilizzare un fattore di variabilità intermedio rispetto al range proposto dai due autori Ptak e Smith:

Livello	Variability Factor
Basso	0.2
Medio	0.5
Alto	0.8

Tabella 4.2.5.6: variability factor per ciascun livello;

Di conseguenza, andando ad analizzare a livello qualitativo i diversi items nei quali si è deciso di posizionare un buffer, si è ipotizzato:

- **Prodotti intermedi:** questi *item* sono quelli che devono soddisfare la domanda di tutti i cinque prodotti finiti. Occorre qui però fare una distinzione: infatti, i beni intermedi 4M0495, 1A0260 saranno necessari per soddisfare la domanda di quattro dei cinque prodotti finiti: 5F0548, 5F0537, 5F0538, 5F0539, che avranno ciascuno la sua variabilità data dalla specifica domanda cliente che, come precedentemente visto, risulta alta. Per questo motivo, si è deciso di assegnare un fattore di variabilità alto a questi item e, invece, assegnare un livello medio di variabilità ai beni necessari alla produzione del prodotto finito 5F0305, e cioè 1A0201 e 4M0481.
- **Materie prime:** per quanto riguarda le otto materie prime necessarie, sicuramente senza di esse non sarebbe possibile la produzione dei prodotti finiti. Trattandosi di prodotti acquistati da terzi, occorrerà valutare l'affidabilità dei fornitori che, come precedentemente illustrato, devono rispettare alti standard imposti dall'azienda per poter continuare la collaborazione. Occorre però considerare che tutti questi materiali vengono consegnati da aziende dislocate nei diversi continenti e, di conseguenza, avranno *lead time* che arrivano fino ai settantacinque giorni, periodo di tempo entro cui è più probabile che si verifichino *disruption*. Essendo tali prodotti la base di partenza per il ciclo di produzione e dovendo tener conto della domanda di prodotti così eterogenei, si è deciso di assegnare un fattore di variabilità alto.

Quindi, per ciascun *item* si avrà:

Item	Livello	Variability factor
1A0218	Alto	0.8
1A0200	Alto	0.8
1A0005	Alto	0.8
1Z0055	Alto	0.8
1A0217	Alto	0.8
1A0199	Alto	0.8

1A0045	Alto	0.8
1A0207	Alto	0.8
1A0201	Medio	0.5
1A0260	Alto	0.8
4M0481	Medio	0.5
4M0495	Alto	0.8

Tabella 4.2.5.7: fattori di variabilità per ciascun item;

- g) *Minimum order quantity*: questa rappresenta la quantità minima di ogni item che il buffer immediatamente precedente è disposto a produrre o spedire. Tale valore viene utilizzato per una delle formule necessarie per il calcolo della zona verde. Questo valore è stato dato direttamente dalla Supply Chain Manager di SAES Getters e corrisponderà, per ogni *part type* di tipo *manufactured*, alla dimensione del lotto di produzione e sarà:

Materie Prime	MOQ (g)
1A0218	10000
1A0200	500000
1A0005	1000000
1Z0055	750000
1A0217	100000
1A0199	500000
1A0045	50000
1A0207	50000

Tabella 4.2.5.8: MOQ per le differenti materie prime;

Prodotti intermedi	MOQ
1A0201	30000
1A0260	30000
4M0400	30000
4M0453	30000
4M0481	30000
4M0035	30000
4M0489	30000
4M0490	30000
4M0495	30000

Tabella 4.2.5.9: MOQ per i differenti prodotti intermedi;

Prodotti finiti	MOQ
5F0305	5000
5F0537	15000
5F0538	34500
5F0539	14500
5F0548	34000

Tabella 4.2.5.10: MOQ per i differenti prodotti finiti;

- h) ADU: per quel che concerne il consumo medio giornaliero, nel capitolo precedente si è detto come il calcolo di questo parametro possa avvenire in tre modi: con l'utilizzo di dati storici (analisi *backward*), con l'uso di sales orders futuri (analisi *forward*), utilizzando entrambe le tipologie di dati (analisi *blended*). Per la simulazione in esame si è deciso di creare un foglio di lavoro a lui dedicato e di calcolarlo attraverso un'analisi *forward* e quindi guardare esclusivamente i sales order futuri.

Actual Day	Forward					
Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	...	Day20

Tabella 4.2.5.11: orizzonte temporale utilizzato per l'ADU;

In particolare si è deciso di utilizzare un ADU future horizon pari a venti, corrispondente a circa un mese lavorativo e un ADU Past Horizon pari a zero, così da calcolare il consumo medio giornaliero esclusivamente in relazione alla domanda futura dei customers. In questo modo è stato agilmente calcolato l'ADU per ciascun part type considerato.

Altri fattori presenti nel foglio di *input* e che saranno maggiormente illustrati nei prossimi paragrafi, risultano essere:

- i) *Spike Horizon*;
- j) *Order Spike Threshold*;
- k) *Starting On-Hand*;
- l) *Starting On-Order*;
- m) *Production Cycle Time*;
- n) *Unitary Cost*;

A seguito della creazione di tale foglio, ci si è focalizzati sul calcolo della domanda cliente, creando degli appositi fogli di lavoro. Il passo successivo è stato quello di andare a creare il

foglio in cui svolgere la simulazione vera e propria. Tale foglio risulta suddiviso in due aree, una con i dati di *input* e l'altra con il susseguirsi delle fasi di *planning*, *execution* e *stock analysis* in cui si è calcolato il livello di *stock* e gli ordini generati. Nella figura sottostante viene riportato un esempio della prima area per la lega 1A0201.

Part Number	1A0201
Part Type	Manufactured
Location	usa
Decoupled Lead Time (DLT) [day]	1
Imposed or Desired Order Cycle (DOC) [day]	0
Minimum Order Quantity (MOQ) [g]	30000
Lead Time Category	Basso
Lead Time Factor	0,7
Variability Category	Medio
Variability Factor	0,5
Batch	30000
ADU Past Horizon [day]	0
ADU Future Horizon [day]	20
Spike Horizon [day]	2
Order Spike Threshold	OST3
Starting On-Hand [g]	7.643,00
Starting On-Order [g]	3.000,00
Production Cycle Time [min/g]	0,03
Unitary Cost [€/g]	0,034802

Figura 4.2.5.2: area di input del foglio Simulazione;

Sono stati, in particolare, calcolati diversi fattori, riportati per colonne, ciascuno per ogni *time bucket*, riportato sulle righe. Come base di partenza della sezione "simulazione" si è partiti dai dati immessi nel foglio "input" così da poter calcolare le diverse grandezze:

- *ADU: Average Daily Usage* ripreso dal foglio "ADU" e calcolato sulla base delle domande di prodotti finiti, suddivise in modo lineare nell'arco di tempo considerato.
- *Lead Time Factor Green Zone*: una delle tre formule necessarie per il calcolo della *Green Zone* e corrispondente al prodotto tra *ADU*, *Lead Time Factor* e *DLT*.
- *MOQ: Minimum order quantity* definita per ogni *part number* e ripresa dal foglio "input".
- *Order Cycle Green Zone*: posta pari a zero per ciascun *part number*.
- *Green Zone*: ottenuta per ciascun *time bucket* come il massimo tra le tre grandezze precedenti.
- *Yellow Zone*: data dal prodotto tra *ADU* e *DLT*.

- *Red Base*: pari al *Lead Time Factor Green Zone* per ciascun *time bucket*.
- *Red Safety*: pari al prodotto tra *Red Base* e *Variability Factor*.
- *Red Zone*: dato dalla somma dei due valori precedenti.

Utilizzando i dati finora descritti e con l'ausilio delle diverse formule utilizzate da Ptak e Smith, si è arrivati al dimensionamento delle tre zone dei buffer di disaccoppiamento. Nella figura sottostante è riportato un esempio di quanto descritto, con il dimensionamento dei buffer per la materia prima 1A0199 per i primi dieci *time bucket* considerati:

Time Bucket	Week	Day	ADU [g/day]	LT factor [g]	MOQ [g]	Order Cycle [g]	Green Zone [g]	Yellow Zone [g]	Red Base [g]	Red Safety [g]	Red Zone [g]
1	1	Mon1	43330,0487	974927	500000	0	974927	3249754	974927	779942	1754869
2	1	Tue1	42980,4555	967061	500000	0	967061	3223535	967061	773649	1740710
3	1	Wed1	42630,8622	959195	500000	0	959195	3197315	959195	767356	1726551
4	1	Thu1	42281,2689	951329	500000	0	951329	3171096	951329	761064	1712393
5	1	Fri1	41547,3433	934816	500000	0	934816	3116051	934816	747853	1682669
6	2	Mon2	40813,4176	918302	500000	0	918302	3061007	918302	734642	1652944
7	2	Tue2	40079,4919	901789	500000	0	901789	3005962	901789	721432	1623221
8	2	Wed2	40314,8011	907084	500000	0	907084	3023611	907084	725668	1632752
9	2	Thu2	40603,7059	913584	500000	0	913584	3045278	913584	730868	1644452
10	2	Fri2	40892,6107	920084	500000	0	920084	3066946	920084	736068	1656152

Figura 4.2.5.3: fase di dimensionamento;

In particolare per il primo *time bucket* si avrà:

$$\text{Green Zone} = \text{MAX}(\text{LT factor}; \text{MOQ}; \text{Order Cycle}) = \text{MAX}(974927; 500000; 0) = 974927g$$

$$\begin{aligned} \text{Yellow Zone} &= \text{Arrotondamento per eccesso}(\text{ADU} \times \text{DLT}) \\ &= \text{Arrotondamento per eccesso}(43330,0487 \times 75) = 3249754g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Red Base} &= \text{Arrotondamento per eccesso}(\text{ADU} \times \text{DLT} \times \text{LT factor}) = \\ &= \text{Arrotondamento per eccesso}(43330,0487 \times 75 \times 0,3) = 974927g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Red Safety} &= \text{Arrotondamento per eccesso}(\text{Red Base} \times \text{Variability factor}) = \\ &= \text{Arrotondamento per eccesso}(974927 \times 0,8) = 779942g \end{aligned}$$

$$\text{Red Zone} = \text{Red base} + \text{Red Safety} = 974927 + 779942 = 1754869g$$

4.2.6 Aggiustamento dinamico

I *decoupled buffer* hanno un carattere dinamico dato dalla variabilità del contesto e, per questo, nel tempo devono essere aggiornati nel caso ci siano situazioni che lo richiedano. Nella sezione teorica è stato evidenziato come esistano due tipologie di fattori applicabili: per i *Recalculated Adjustment Factors*, si è detto come questi varino in modo automatico con il cambiamento dell'ADU e del *Variability Factor*, mentre i *Planned Adjustment Factors* devono essere modificati manualmente dove necessario. Questi devono essere modificati basandosi su scelte strategiche e di business, in quanto tali fattori si occupano di aumentare o diminuire le diverse zone dei buffer. Per quanto riguarda l'utilizzo del *Demand Adjustment Factor*, si è deciso di porlo diverso da 1 per piccoli intervalli temporali: questo fattore, infatti, viene utilizzato come moltiplicatore dell'ADU per tenere in considerazione repentini cambiamenti della domanda, stagionalità o transizione del prodotto dovuta ad una sostituzione di una vecchia versione del prodotto con una nuova. Un altro tipo di aggiustamento che può essere fatto riguarda i *Zone Adjustment Factor*, che verranno applicati alle singole zone in base al loro scopo. Nel caso in esame si è deciso, in particolare, di utilizzare dei fattori di aggiustamento per la *Green Zone*. Con questo tipo di manipolazione si possono ottenere variazioni nella frequenza e dimensione degli ordini, così da lavorare sui vincoli imposti dalla capacità. Per alcuni item si è visto necessario imporre un fattore di aggiustamento inferiore ad uno, così da aumentare la frequenza e ridurre la dimensione degli ordini per il periodo in esame. La ricerca di fattori di aggiustamento dinamico conclude la fase di aggiustamento, che risulta essere l'ultima fase di protezione del *decoupled buffer* e che lascia spazio alla successiva fase di esecuzione. Dopo aver applicato i fattori di aggiustamento per le diverse zone sono stati calcolati i *Top of Red*, pari alla *Red Zone*, *Top of Yellow*, pari alla somma tra TOR e *Yellow Zone*, e *Top of Green*, pari alla somma tra TOY e *Green Zone* con il fattore di aggiustamento eventualmente utilizzato. Nella figura sottostante un esempio di questa prima fase di *planning* contenente i fattori fino ad ora descritti:

Green Zone [g]	Yellow Zone [g]	Red Base [g]	Red Safety [g]	Red Zone [g]	TOG [g]	TOY [g]	TOR [g]
500000	810178	243054	194444	437498	1747676	1247676	437498
500000	803636	241091	192873	433964	1737600	1237600	433964
500000	797095	239129	191304	430433	1727528	1227528	430433
500000	790554	237167	189734	426901	1717455	1217455	426901
500000	776770	233031	186425	419456	1696226	1196226	419456
500000	762986	228896	183117	412013	1674999	1174999	412013
500000	749203	224761	179809	404570	1653773	1153773	404570
500000	753683	226105	180884	406989	1660672	1160672	406989
500000	759121	227737	182190	409927	1669048	1169048	409927
500000	764559	229368	183495	412863	1677422	1177422	412863

Figura 4.2.6.1: prima fase di dimensionamento;

In figura sono evidenziati le tre diverse zone del buffer per il *part type* 1A0200 e, inoltre, sono presenti i TOG, TOY e TOR che, per il primo time bucket sarà:

$$\text{Top of Red} = \text{Red Zone} = 437498 \text{ g}$$

$$\text{Top of Yellow} = \text{Yellow Zone} + \text{Top of Red} = 810178 + 437498 = 1247676 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Top of Green} &= \text{Green Zone} + \text{Top of Yellow} = 500000 + 1247676 = \\ &= 1747676 \text{ g} \end{aligned}$$

4.2.7 Demand driven planning

Aspetto fondamentale della fase di planning risulta essere quello di generazione degli ordini. Come illustrato nella sezione teorica, occorre confrontare la *Net Flow Position* con il valore dei buffer così da ottenere il segnale di generazione degli ordini. Risulta, quindi, fondamentale il calcolo della posizione netta che, come già ampiamente illustrato, dipende da due fattori: l'*Order Spikes Horizon* e l'*Order Spikes Threshold*. La scelta di questi due parametri risulta però, di stampo strategico e va attentamente valutata in base all'ambiente lavorativo e ad un confronto con il personale responsabile della pianificazione. Per quanto riguarda l'orizzonte temporale degli *order spikes* questo è stato assunto pari al DLT+1 di ciascun part number studiato.

Per quel che riguarda invece la scelta dell'*Order Spikes Threshold*, sono stati calcolati i tre diversi OST che, risulteranno pari a:

- OST1: calcolato come la metà della *Red Zone*.
- OST2: dato dalla Red Base per ciascun *time bucket*.

- OST3: dato dal valore ADUx3.

Per il caso studio in esame si è deciso di utilizzare l'ultima delle tre tecniche e di renderlo, quindi, pari a tre volte l'*Average Daily Usage*. Per quel che riguarda lo *Starting On-Hand* e lo *Starting On-Order*, occorre porre una particolare attenzione alla scelta di entrambi, in quanto, il valore di partenza che si deciderà di utilizzare, andrà a modificare significativamente i risultati della fase di *Planning*. Infatti, entrambi verranno utilizzati per il calcolo della *Net Flow Position* che andrà a stabilire quando avverrà la generazione dell'ordine: considerare quantità troppo elevate comporterebbe un ritardo nell'emissione dell'ordine che porterebbe a situazioni di *stockout*, mentre, dall'altro lato, quantità troppo basse genererebbero ordini eccessivi e *overstock*. Quindi, per quel che concerne lo *Starting On-Hand*, si è deciso di porlo pari all'estremo superiore dell'*optimal zone*, utilizzando come dati quelli del primo *time bucket*:

$$\text{Starting On - Hand} = \text{Red Zone}(1) + \text{Green Zone}(1)$$

Per quanto concerne lo *Starting On-Order*, che rappresenta la quantità in transito ad inizio simulazione, si è deciso di porla pari a:

$$\text{Starting On - Order} = \sum_{i=1}^{DLT} \text{On - Order starting inbound} (t)$$

Tale equazione nasce dall'aver considerato un consumo lineare che comporta un ordine generato pari alla *Green Zone* nel *time bucket* in esame:

$$\text{On - order starting inbound}(t) = \text{Green Zone} (t)$$

Ed un periodo di riordino pari a:

$$\text{Periodo di riordino}(t) = \frac{\text{Green Zone} (t)}{\text{ADU}(t)}$$

Che implica il fatto che ogni volta in cui il *time bucket* sia multiplo del periodo di riordino, venga generato un ordine pari alla *Green Zone*; questi ordini verranno generati fin quando il *time bucket* non sarà corrispondente al DLT in quanto, dopo tale orizzonte temporale, arriveranno le quantità ordinate nel primo *time bucket* della simulazione.

In questa fase del foglio di simulazione, quindi, si avranno delle colonne contenenti le seguenti informazioni:

- *On-Hand*: è la quantità presente a magazzino nel *time bucket* in esame. Per il primo *time bucket* sarà dato da:

$$On - Hand(t_1) = Starting\ On - hand - Sales\ Orders(t) + Inbound\ materials(t)$$

Mentre per i restanti *time bucket* sarà:

$$On - Hand(t) = On - Hand(t - 1) - Sales\ Orders(t) + Inbound\ materials(t)$$

- *On-Order*: rappresenta la quantità in transito verso il buffer. Per il primo *time bucket* si avrà:

$$On - Order(t_1) = Starting\ On - Order - Inbound\ materials(t)$$

Mentre per i restanti *time bucket* sarà:

$$On - Order(t) = On - order(t - 1) + Order(t - 1) - Inbound\ materials(t)$$

- *Qualified Demand*: viene presa dal foglio "*Qualified Demand*" e rappresenta la somma della domanda cliente con eventuali picchi, superiori al valore di OST3, presenti nello *Spikes Horizon* scelto. Di seguito viene riportato un esempio per tale dato per le prime due settimane del componente 4M0481 che avrà un *decompiled lead time* pari a 3 e, di conseguenza, uno *Spike horizon* pari a 4:

	4M0481	Spike horizon	Order Spike Thresold
Day		4	OST3
Mon1	1870,142857		
Tue1	1870,142857		
Wed1	1870,142857		
Thu1	1870,142857		
Fri1	1870,142857		
Mon2	1870,142857		
Tue2	1870,142857		
Wed2	335,6667		
Thu2	335,6667		
Fri2	335,6667		

Figura 4.2.7.1: rappresentazione della *Qualified Demand*;

- *Net Flow Position(NFP)*: è la grandezza responsabile dell'emissione degli ordini e sarà data da:

$$Net\ flow\ position(t) = On - hand(t) + On - Order(t) - Qualified\ Demand(t)$$

- *Planning Priority*: per ogni *time bucket* sarà dato dal rapporto tra NFP e TOG e viene rappresentata con lo stesso colore della zona in cui si trova la *net flow position*, così da rendere di immediata comprensione la necessità e l'urgenza dell'emissione di un possibile ordine.

Planning Priority	On-Hand [g]	On-Order [g]	Qualified Demand [g]	Net Flow Position [g]
77%	14.146,47	10.000,00	98,4286	24.048,05
229%	14.146,47	60.000,00	98,4286	74.048,05
220%	14.146,47	60.000,00	98,4286	74.048,05
212%	14.146,47	60.000,00	98,4286	74.048,05
205%	14.146,47	60.000,00	98,4286	74.048,05
198%	14.146,47	60.000,00	98,4286	74.048,05
187%	12.646,47	60.000,00	98,4286	72.548,05
181%	12.646,47	60.000,00	17,6667	72.628,81
172%	12.646,47	60.000,00	17,6667	72.628,81
163%	12.646,47	60.000,00	17,6667	72.628,81

Figura 4.2.7.2 : rappresentazione del *Planning Priority*;

Nella figura sovrastante è possibile vedere un esempio di quanto detto: nel primo *time bucket* la *Net Flow Position* si trova ad essere inferiore della zona gialla e, di conseguenza, ci sarà bisogno di emettere un ordine.

- *NFP to TOG*: rappresenta la quantità ideale da riordinare per fare in modo che la NFP torni al livello della TOG. Questa colonna, quindi, per tutti i *part number* può assumere due possibili valori:

Se $Net\ Flow\ Position(t) > TOY(t)$, $NFP\ to\ TOG = 0$;

Se $Net\ Flow\ Position(t) < TOY(t)$,

$$NFP\ to\ TOG(t) = TOG(t) - Net\ Flow\ Position(t)$$

- *Order*: rappresenta la quantità effettivamente ordinata nel *time bucket* e che tiene conto, quindi, dei *batch* di ordinazione. Questi vengono dati direttamente dall'azienda e sono presenti nella prima area della sezione di simulazione, come *input*.
- *Request Date*: è la data entro cui è previsto l'arrivo dell'ordine effettuato.

- *Sales Order*: rappresentano gli ordini inviati da monte a valle all'interno della filiera, ciascuno moltiplicato per la quantità necessaria a fornire quel dato *item*.

Planning Priority	Net Flow Position [g]	Sales orders	Order [g]	NFP to TOG	Request Date	Inbound Materials	On-order starting inbound	TOG [g]
105%	39.181,00	2.781,00	0	0	/	0	0	37196
100%	36.400,00	2.781,00	0	0	/	0	0	36547
93%	33.619,00	2.781,00	0	0	/	0	0	36019
88%	30.838,00	2.781,00	0	0	/	0	0	34977
91%	30.838,00	-	0	0	/	0	0	33933
94%	30.838,00	-	0	0	/	0	0	32891
97%	30.838,00	-	0	0	/	0	0	31847
100%	30.838,00	-	0	0	/	0	0	30804
104%	30.838,00	-	0	0	/	0	0	29760
65%	30.838,00	-	40000	16.595,00	Fri6	0	0	47433

Figura 4.2.7.3 rappresentazione della fase di ordinazione;

Nella figura sovrastante è possibile vedere un ulteriore esempio esplicativo di quanto fino ad ora spiegato a livello teorico. Il componente in esame risulta essere la materia prima 1A0217. Il *time bucket* più interessante risulta essere l'ultimo rappresentato, in cui la *Net Flow Position* si trova nella *Yellow Zone*.

In particolare si avrà:

$$On - Hand(10) = On - Hand(10 - 1) - Sales Orders(10) + \\ + Inbound materials(10) = 11759 - 0 + 0 = 11759 \text{ g}$$

$$On - Order(10) = On - order(10 - 1) + Order(10 - 1) - \\ - Inbound materials(10) = 20000 + 0 - 0 = 20000 \text{ g}$$

$$Qualified Demand = 921 \text{ g}$$

$$Net flow position(t) = On - hand(t) + On - Order(t) - Qualified Demand(t) = \\ = 11759 - 20000 + 921 = 30838 \text{ g}$$

Il buffer in tale periodo si trova ad avere una *Planning Priority* pari a:

$$Planning Priority = \frac{Net Flow Position}{Top of Green} = \frac{30838}{47433} = 65\%$$

Di conseguenza, occorrerà emettere un ordine; per far tornare il buffer nella *Top of Green* si avrà bisogno di una quantità di grammi pari a:

$$NFP to TOG(10) = TOG(10) - Net Flow Position(10) = 47433 - 30838 = 16595 \text{ g}$$

Quindi, per poter riportare il componente nella *Top of Green* sarebbero necessari circa 16595 grammi ma, essendo il lotto pari a 40000 grammi, si dovrà fare un ordine di questa quantità che arriverà con un lead time pari a 20 giorni e, di conseguenza, sarà disponibile il sesto venerdì della simulazione.

4.2.8 Demand Driven Execution

Durante la fase di *Execution*, si procede alla valutazione dello stato delle scorte attraverso il *buffer alert*. In questa sezione si avranno come colonne:

- ❖ *On-Hand*: corrispondente alla quantità presente nella sezione di *Planning*;
- ❖ *On-Hand alert*: corrispondente al *Low Red* del *time bucket* in esame;
- ❖ *Low Red*: sarà corrispondente alla metà della *Red Zone*;
- ❖ *Low Yellow*: sarà pari alla *Red Zone* nello stesso *time bucket*;
- ❖ *Optimal Zone*: pari alla somma di *Low Yellow* e *Green Zone*;
- ❖ *High Yellow*: pari alla TOY nello stesso *time bucket*;
- ❖ *High Red*: pari alla TOG nello stesso *time bucket*;
- ❖ *Buffer Status*: corrispondente al rapporto tra l'*On-Hand* e il TOR.

On-Hand [g]	On-Hand Alert [g]	Low Red [g]	Low Yellow [g]	Optimal [g]	High Yellow [g]	High Red [g]	Buffer Status
603.078,00	193.847,00	193.847,00	387.693,00	603.078,00	1.105.641,00	1.321.026,00	156%
603.078,00	189.226,00	189.226,00	378.452,00	588.703,00	1.079.287,00	1.289.538,00	153%
603.078,00	185.454,00	185.454,00	370.908,00	576.968,00	1.057.775,00	1.263.835,00	150%
603.078,00	178.020,00	178.020,00	356.039,00	553.838,00	1.015.367,00	1.213.166,00	143%
603.078,00	170.584,00	170.584,00	341.167,00	530.704,00	972.957,00	1.162.494,00	177%
603.078,00	163.149,00	163.149,00	326.297,00	507.573,00	930.548,00	1.111.824,00	185%
603.078,00	155.713,00	155.713,00	311.426,00	484.440,00	888.138,00	1.061.152,00	194%
603.078,00	148.277,00	148.277,00	296.554,00	461.306,00	845.728,00	1.010.480,00	203%
596.518,00	140.842,00	140.842,00	281.684,00	438.175,00	803.319,00	959.810,00	210%
596.518,00	133.407,00	133.407,00	266.813,00	415.042,00	760.909,00	909.138,00	228%
309.518,00	125.972,00	125.972,00	251.943,00	391.911,00	718.501,00	858.469,00	123%

Figura 4.2.8.1: fase di *Execution*;

Nella figura sovrastante è rappresentata una fase di *Execution* per uno dei componenti in esame e, in particolare, per il semilavorato 4M0495. Di seguito un esempio di quanto calcolato per il primo *time bucket*:

$$On - hand Alert = Low Red$$

$$\begin{aligned} \text{Low Red} &= \text{Arrotondamento per eccesso}(0,5 \times \text{Red Zone}) = \\ &= \text{Arrotondamento per eccesso} (0,5 \times 387693) = 193847 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Low Yellow} = \text{Top of Red} = 387693 \text{ g}$$

$$\text{Optimal Zone} = \text{Low Yellow} + \text{Green Zone} = 387693 + 215385 = 603078 \text{ g}$$

$$\text{High Yellow} = \text{Top of Yellow} = 1105641 \text{ g}$$

$$\text{High Red} = \text{Top of Green} = 1321026 \text{ g}$$

$$\text{Buffer Status} = \frac{\text{On - Hand}}{\text{Top of Red}} = \frac{603078}{387693} = 156\%$$

Come è ben visibile nei *time bucket* presi come riferimento, l'*On-Hand* sarà solo per due giorni ad un livello di *Optimal Zone*, tra cui il *time bucket* dettagliatamente spiegato. Per i restanti giorni, invece, si troverà in una condizione di *overstock* pari all'*High Yellow*. Questo sembra confermare quanto detto nella sezione teorica secondo cui è raro che i componenti siano per lunghi periodi nella *Optimal Zone*, tendendo d'altro canto, ad oscillare tra una condizione di *understock* od *overstock*.

Tutte queste colonne sono state utilizzate, in seguito, per costruire i grafici dei diversi buffer che saranno utilizzati per il suo monitoraggio. In particolare è stato creato un foglio sul *tool* Excel contenente, per ciascun *part type*, due differenti tipologie di *buffer graphs*. Nel primo è stata rappresentata la fase di *Planning* con la *Net Flow Position* individuata rispetto le tre diverse zone di buffer: nella figura sottostante viene riportato un esempio di ciò, per la materia prima 1A0200. Sulle ordinate si troveranno le quantità mentre sulle ascisse i *time bucket* della simulazione.

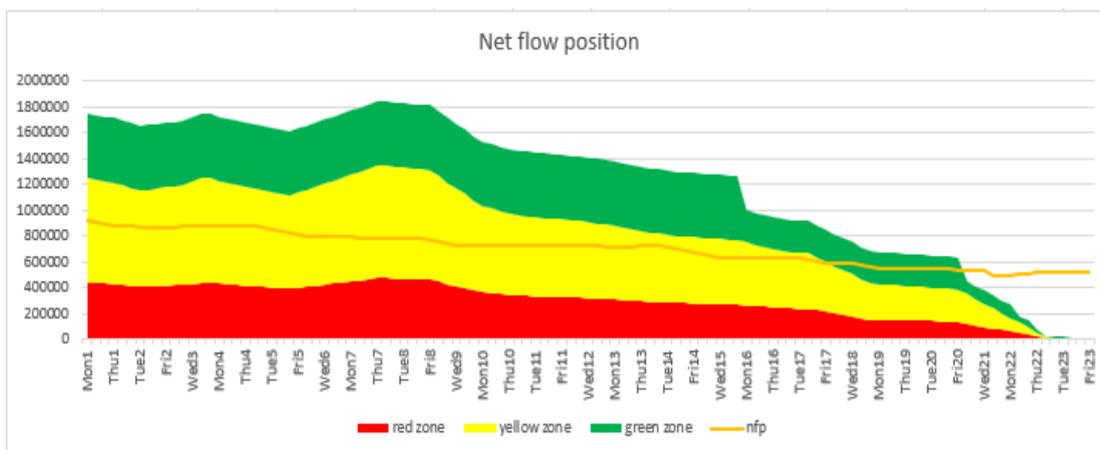


Figura 4.2.8.2: grafico Net Flow Position;

Il secondo grafico, invece, rappresenta l'On-Hand rispetto alle cinque zone della fase di Execution. Qui vengono, inoltre, riportati gli stock presenti con il metodo del DDMRP e con quello del MRP attualmente utilizzato in azienda. Occorre qui fare una precisazione: i dati disponibili al livello aziendale sull'attuale metodo del MRP sono stati dati su base mensile e, per tale motivo, si è visto necessario fare una media dei valori a stock con il DDMRP che, di contro, erano disponibile su base giornaliera. Si è deciso di inserire questi due valori di stock nel grafico così da poter avere un immediato riscontro visivo. Di seguito viene riportato un esempio di quanto sopra descritto per il componente 1A0218: oltre la visione mensile dei due livelli di stock per attuare il confronto, si è deciso di rappresentare anche la versione giornaliera del DDMRP così da avere un immediato riscontro del risultato della simulazione.

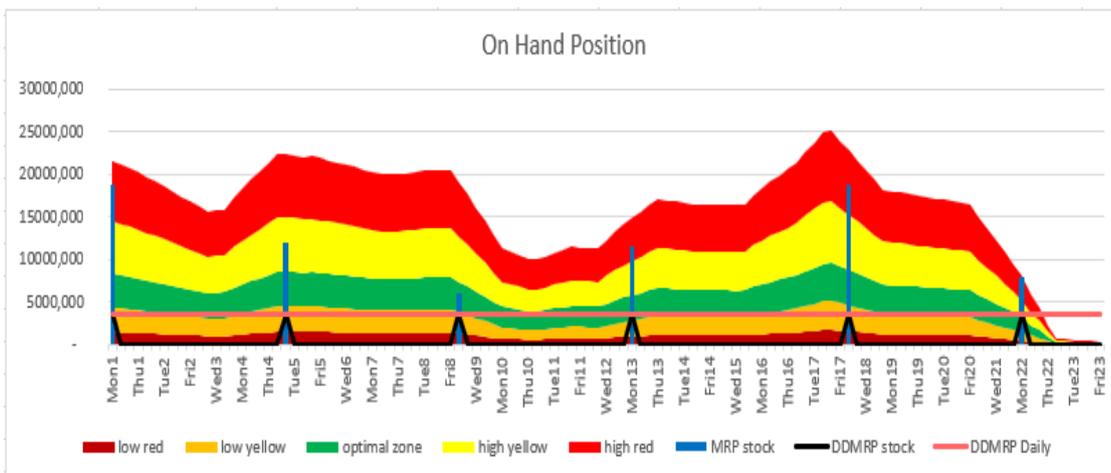


Figura 4.2.8.3: confronto tra DDMRP e MRP;

4.2.9 Stock Analysis

Fase finale del foglio di simulazione risulta essere un confronto tra lo stock presente in azienda con il metodo del DDMRP e quello attualmente in uso. Per tale scopo sono state create le seguenti colonne, tutte aventi sempre come righe i diversi time bucket:

- DDMRP stock: la quantità di stock giornaliera presente in magazzino applicando le tecniche del DDMRP;
- DDMRP stock mensile: la media mensile della quantità in stock;
- MRP stock: dati mensili della quantità attualmente in stock con le tecniche fino ad ora utilizzate;
- DDMRP-MRP: la differenza tra i due metodi in termini di stock;
- Percentage quantity deviation: rappresenta l'aumento o riduzione percentuale ottenuto con l'applicazione delle logiche DDMRP;

La differenza tra i due sarà:

$$DDMRP - MRP = 3664 - 18787 = -15123 g$$

Tale differenza in termini di valore di giacenza sarà:

$$\begin{aligned} DDMRP - MRP \text{ value} &= DDMRP - MRP \times \text{unitary cost} = \\ &= -15123 \times 0,692 = -10465,12 \text{ €} \end{aligned}$$

La *percentage quantity deviation* sarà:

$$\frac{DDMRP - MRP}{\text{Stock mensile DDMRP}} = \frac{-15123}{3664} = -413\%$$

Per quanto riguarda l'*inventory value* si avrà:

$$\begin{aligned} \text{Inventory value DDMRP} &= \text{Stock mensile DDMRP} \times \text{unitary cost} = 3664 \times 0,692 \\ &= 2535,49 \text{ €} \end{aligned}$$

L'*inventory value* del MRP sarà un dato fornito dall'azienda:

$$\text{Inventory value MRP} = 13112,016 \text{ €}$$

Da cui si ottiene la differenza data da:

$$\text{Difference DDMRP} - \text{MRP} = 2153,43 - 13112,016 = -10576,53 \text{ €}$$

Si può facilmente vedere come nel caso in esame con il DDMRP vi sia una riduzione importante del livello di scorte con un inferiore livello del valore a magazzino il che è sempre un obiettivo a cui mirare in ottica di una riduzione dei rischi dati da furti, incendi, deterioramento del materiale e costi di deposito e stoccaggio.

Nella prossima sezione verranno illustrati nel dettaglio i risultati ottenuti da questo studio.

4.2.10 Confronto tra il MRP e il DDMRP

Quello che occorre ora valutare è andare a capire, per ciascun *part type*, se il metodo del *Demand Driven MRP* possa o meno essere efficace per un tipo di contesto industriale come quello della S.A.E.S Getters. In questa sezione, quindi, si andrà a valutare per ciascun *item*, quale sia il comportamento dello *stock* disponibile nel caso di utilizzo del DDMRP o del MRP attualmente utilizzato. Di seguito verranno riportati i diversi risultati ottenuti:

- 1A0218: per questo componente è possibile notare come le logiche del DDMRP permettano di avere una minor quantità di prodotto a magazzino rispetto a quella attualmente utilizzata in azienda, consentendo un risparmio in termini di spazio e di costo della gestione. Prendendo in considerazione lo stato puntuale del buffer

ottenuto con la nuova metodologia, si nota come questo all'inizio sia posizionato nella *Optimal Zone*, poi passi ad una zona di *Low Yellow* e quindi *understock*, per poi posizionarsi definitivamente-dopo un breve periodo nella zona verde- in una posizione di *overstock* che inizi con *High Yellow* per poi stazionarsi in *High Red*. Questo porta a capire come il livello delle storte nel caso in questione sia comunque sovradimensionato rispetto a quanto effettivamente necessario. Ciò è chiaramente dovuto alla grandezza dei lotti di produzione rispetto al fabbisogno necessario per soddisfare gli ordini dei prodotti considerati. Occorre però notare un fattore di cui si è parlato nelle prime sezioni di introduzione al caso studio: queste materie prime possiedono dei *decoupled lead time* molto lunghi, in particolare per questo *item* si parla di venticinque giorni, e di conseguenza, essendo proveniente dagli Stati Uniti, la scelta più saggia per evitare situazioni di rottura di *stock* risulta essere quella di fare grandi ordini e mantenere le scorte in magazzino. Nel grafico sottostante è presente una visione puntuale del livello di *stock*, per ciascun *time bucket*, messo a confronto con il livello di *stock* mensile attualmente presente nel sistema e con un livello mensile di *stock* medio ottenuto con il metodo simulato. Per questa materia prima vi sarà un unico ordine effettuato e la motivazione risiede nella forte differenza tra il materiale richiesto e il MOQ del fornitore.

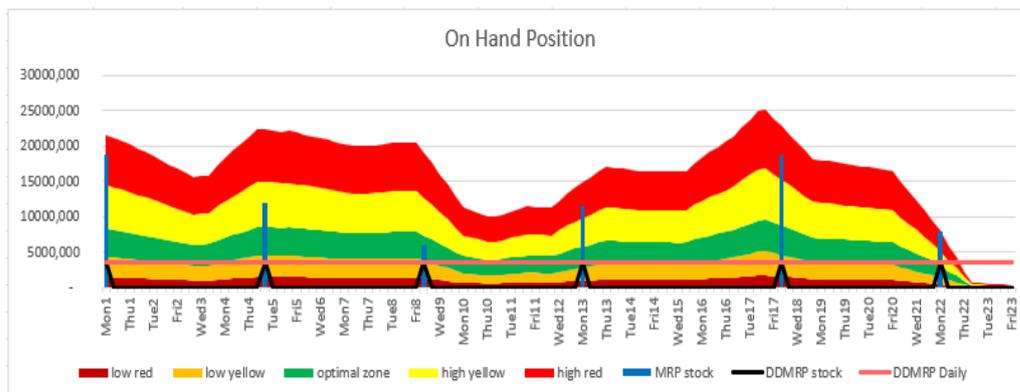


Figura 4.2.10.1: On-hand position 1A0218;

Si è voluto, inoltre, dare un'idea di quanto potrebbe essere il risparmio in termini di quantità medie e di valore a giacenza media per tutto l'orizzonte considerato e, di conseguenza, si avrà:

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 8.784,00	- 6.096,68	-240%

Figura 4.2.10.2: quantità di stock per 1A0218;

Come è possibile notare, con l'utilizzo del DDMRP emerge una riduzione di *stock* disponibile media per l'intero orizzonte considerato, pari a 8784 g ed un corrispondente risparmio in termini di valore a giacenza pari a 6096,68 €. Con la colonna *Percentage Quantity Deviation* negativa è possibile, in modo ancor più immediato, notare la riduzione in termini di livello di *stock*, avvenuta nell'intero arco temporale considerato nella simulazione.

- 1A0045: anche per questa materia prima è possibile attuare considerazioni simili alle precedenti in quanto allo stato dell'*On-Hand*. Anche in questo caso, infatti, dopo un primo momento in *Optimal Zone*, il buffer tende ad oscillare prima verso una posizione di lieve *understock* e poi verso una situazione di grave *overstock*. Anche qui le motivazioni sembrano essere simili alle precedenti: nonostante la relativa vicinanza con la casa produttrice Svizzera, il *lead time* risulta essere il più alto dell'intera simulazione, pari a settantacinque giorni, il che senza dubbio incide sulla gestione degli ordini che avranno lotti molto grandi e conseguenti situazioni di *overstock*. In questo caso sarà presente esclusivamente un unico ordine, effettuato nel primo *time bucket*, e ciò è dovuto alla forte differenza tra il materiale richiesto e il MOQ di ordinazione.

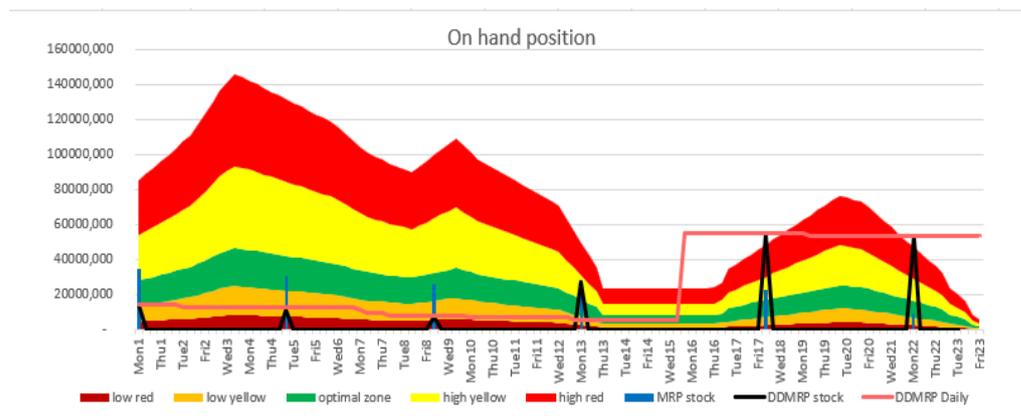


Figura 4.2.10.3: On-Hand position 1A0045;

Al contrario del caso precedente, però, qui non sembra esserci un guadagno complessivo, sull'intero arco della simulazione, in termini di quantità a *stock* e valore di giacenza. Infatti, è possibile notare come all'inizio vi sia un risparmio di quantità e corrispondente valore a giacenza con l'utilizzo del DDMRP, per poi invece vedersi verificare una situazione opposta nei mesi di aprile, maggio e giugno dove il sistema sembra presentare una quantità a *stock* superiore di quella presente attualmente. Una spiegazione di tale fenomeno può essere data dall'arrivo di un ordine di ingente quantità fatto nel primo *time bucket*, e quindi ad inizio gennaio, e arrivato a metà aprile.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
3.372,00	168,63	-77%

Figura 4.2.10.4: quantità di stock per 1A0045;

Come è possibile notare, con l'applicazione del DDMRP e l'arrivo di quantità così grandi in contrapposizione ad ordini di modeste dimensioni, si avrà un livello di *stock* superiore, per l'orizzonte temporale considerato, in media di 3371 g, con un aumento medio del valore di giacenza di 168,63 €. Nonostante ciò, la complessiva *Percentage Quantity Deviation* risulta essere negativa, segno che l'utilizzo del DDMRP sia comunque da considerarsi positivo nel complesso.

- 1A0199: per questa materia prima è possibile constatare come l'*On-hand* si trovi in una situazione di *Optimal Zone* per un lasso di tempo superiore ai casi precedenti ma che poi, come accaduto per gli altri casi, vi sia una situazione di grave *overstock*. Anche in questo caso la colpa sembra ricadere sul lotto di ordinazione, che risulta essere uno dei più grandi del caso studio, dovuto ad un lead time dagli Stati Uniti di settantacinque giorni. In questo caso saranno presenti due ordini, che verranno effettuati nel momento in cui la *Net Flow Position* si troverà ad essere inferiore alla *Top of Yellow*.

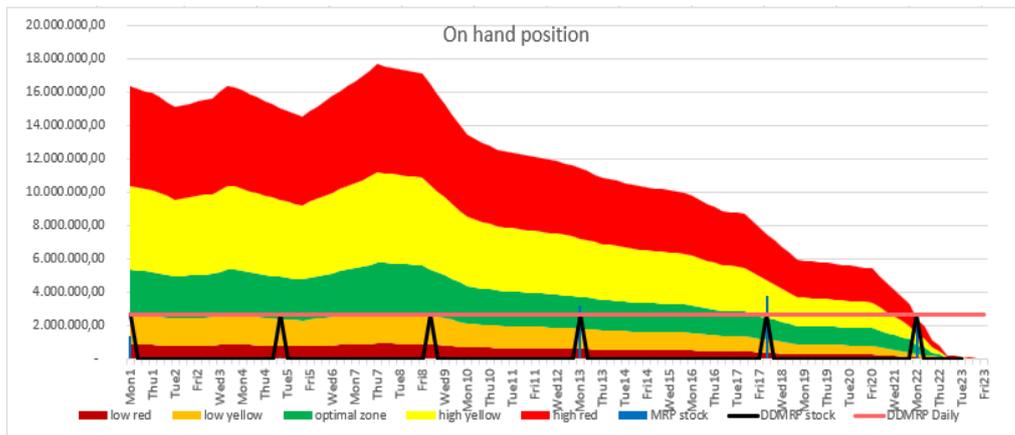


Figura 4.2.10.5: On-Hand position per 1A0199;

Anche in questo caso il risultato in fatto di *stock* disponibile sembra essere negativo con l'utilizzo del DDMRP: infatti, si riscontrano fin dai primi *time bucket*, dei livelli di *stock* superiori a quelli utilizzati con l'attuale MRP. Questa situazione andrà a cambiare solo per due mesi, aprile e maggio, per poi tornare superiore con il DDMRP nel mese di giugno.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
877.481,00	14.466,14	33%

Figura 4.2.10.6: quantità di stock per 1A0199;

Come si evince, si avrà un aumento di quantità pari a 877481,00 g e un aumento del valore di giacenza di 14466,14 €. Tale risultato viene confermato da un valore di *Percentage Quantity Deviation* positiva che comporta un aumento della quantità a *stock* con l'utilizzo del DDMRP.

- 1Z0055: per questa materia prima proveniente da un supplier italiano, l'*On-Hand* sarà in un'iniziale situazione di *Optimal Zone*, seguita da un lieve *understock*, per poi stabilirsi in modo permanente in una situazione di grave *overstock*. La motivazione risiede anche qui nel lotto di ordinazione che risulta straordinariamente grande, pur trattandosi di un fornitore locale. Il problema del lotto di ordinazione di dimensioni elevate appare essere una costante per praticamente ogni componente analizzato. In tal caso, nel corso dell'intera simulazione, risulta effettuato un solo ed unico ordine durante il primo *time bucket* e ciò è dovuto alla sostanziale differenza tra le quantità di materiale richiesto e il lotto di ordinazione esageratamente elevato.

Probabilmente, trattandosi di una materia prima acquistata dall'esterno, il motivo di un MOQ così elevato risiede in vantaggi economici di tipo contrattuale legati alle quantità.

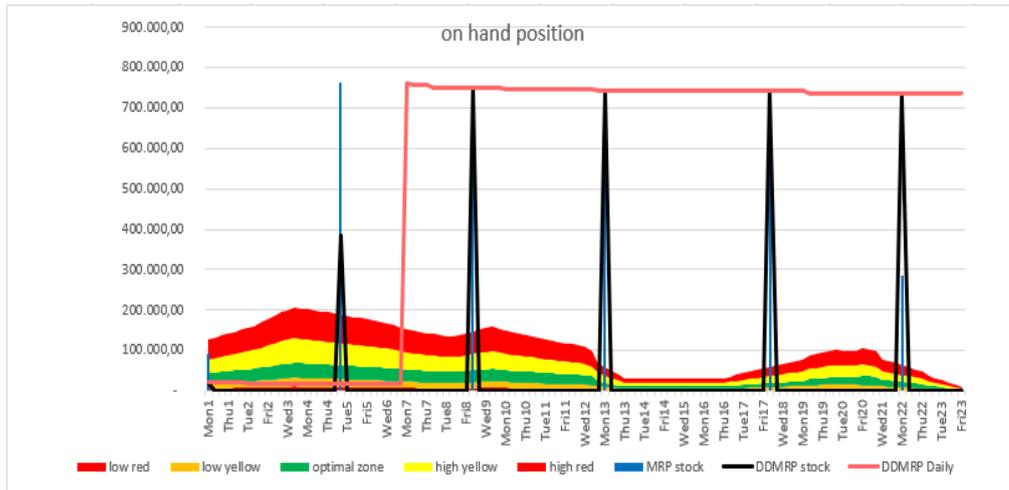


Figura 4.2.10.7: On-Hand position per 1Z0055;

Proprio l'arrivo della merce ordinata a magazzino è ciò che porterà ad avere una maggiore quantità di *stock* disponibile ed un corrispondente aumento del valore di giacenza.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
68.620,00	194,88	-62%

Figura 4.2.10.8: quantità di stock per 1Z0055;

In particolare, si avrà uno *stock* disponibile in eccedenza rispetto a quello attualmente presente di 68620 g e un corrispettivo aumento di valore di 194,88 €. Nonostante ciò, nel quadro complessivo dell'intera simulazione appare invece esserci una *Percentage Quantity Deviation* negativa che porta a pensare vi sia comunque una condizione di positività, seppur minima, nell'utilizzo del DDMRP.

- 1A0200: per questa materia prima proveniente dagli Stati Uniti l'*On-Hand* risulta per il primo periodo stazionario sull'*Optimal Zone* per poi invece entrare in una situazione di *overstock*. Per questo componente risulta chiaro sin dal principio che l'attuale metodo di MRP porti a risultati migliori. Per questo componente viene generato

esclusivamente un ordine di materiale nel primo *time bucket* della simulazione che arriverà in magazzino dopo ben settantacinque giorni.

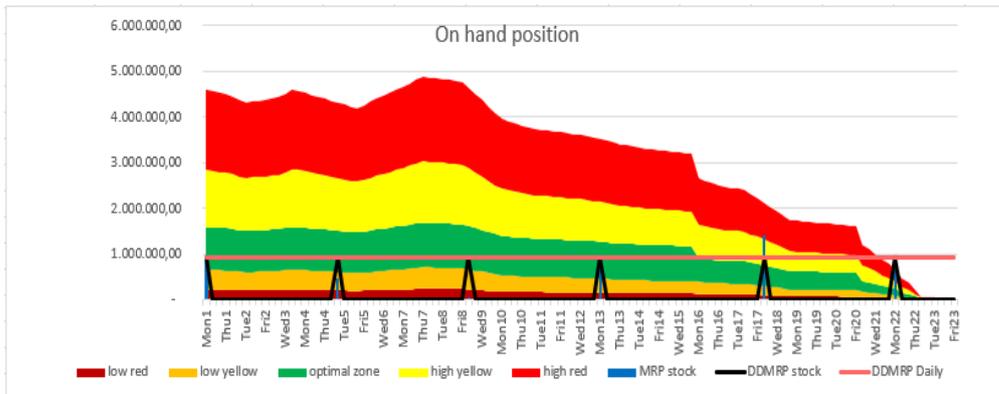


Figura 4.2.10.9: On-Hand position 1A0200;

È possibile notare come utilizzando il metodo del DDMRP la situazione in merito allo *stock* disponibile risenta sin da subito di un aumento in termini di quantità e di corrispettivo valore a giacenza, il che, in termini medi calcolati sull'orizzonte temporale di riferimento, comporta un aumento di *stock* pari a 113114g e di valore a giacenza di 40044,26 €. Infine, in termini di *Percentage Quantity Deviation*, si avrà un valore positivo, il che comporta un aumento dello *stock* con il DDMRP pari, in media, al 12%.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
113.114,00	40.044,26	12%

Figura 4.2.10.10: quantità di *stock* disponibile per 1A0200;

- 1A0005: per questa materia prima proveniente dall'Italia, l'andamento dell'*On-Hand* oscilla tra una condizione di ottimo e una di lieve e grave *overstock* in modo abbastanza costante. In questo caso verranno eseguiti due ordini di grandi quantità nell'arco temporale simulato, in corrispondenza dei *time bucket* in cui la *Net Flow Position* sia inferiore alla *Top of Yellow*.

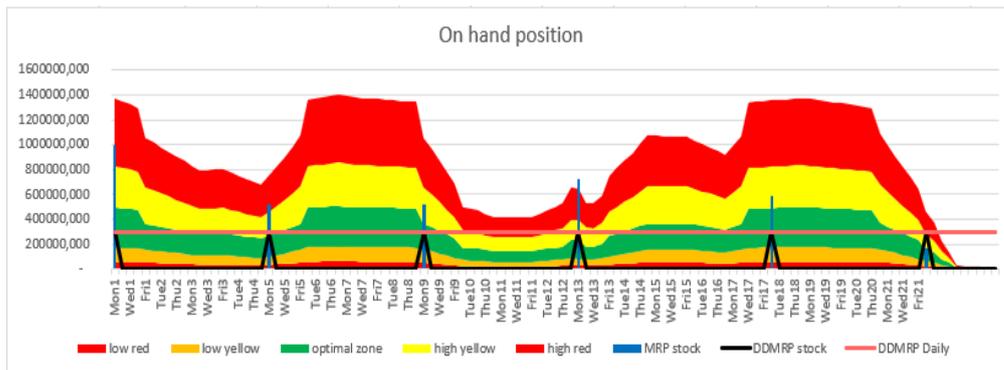


Figura 4.2.10.11: On-Hand position 1A0005;

Per questo componente risulta ben chiaro il guadagno nell'utilizzo del DDMRP in termini di *stock* disponibile sin dalla prima mensilità in esame e del conseguente valore a giacenza.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 283.868,00	- 18.982,68	-94%

Figura 4.2.10.12: quantità di stock per 1A0005;

In particolare, si avrà una riduzione in termini di *stock* pari a 283868g, e un corrispondente valore a giacenza di 18982,68 €. A conferma del vantaggio nell'utilizzo del DDMRP, vi sarà la *Percentage Quantity Deviation* media fortemente negativa.

- 1A0217: questo componente proveniente dalla Cina segue un livello di *On-Hand* che spazia da situazioni di grave *understock* dovuto allo svuotamento di magazzino a seguito del prelievo di materiale così da soddisfare gli ordini, fino ad arrivare ad avere un grave *overstock* dovuto all'arrivo di nuovo materiale da ordini emessi. In questo caso ci saranno dei brevi lassi temporali in cui l'*On-Hand* risulterà negativo, a causa di ordini di quantità tali che il magazzino, con la sola merce disponibile e senza considerare quella in arrivo, non è in grado di soddisfare. Qui saranno presenti due grandi ordini di materiali che arriveranno con un *lead time* pari a venti giorni.

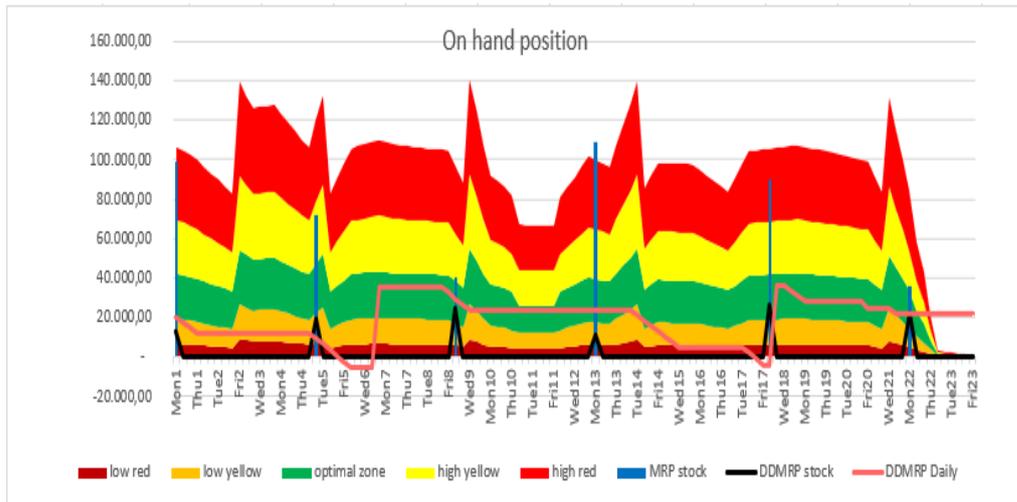


Figura 4.2.10.13: On-Hand position 1A0217;

Per quel che riguarda lo *stock* disponibile con la tecnica del DDMRP vi è un risparmio ben visibile per tutto l'arco temporale considerato, fino ad ottenere un risparmio medio pari a 55129g, corrispondente ad un valore a giacenza di 1819,25 €. In questo caso la *Percentage Quantity Deviation* media sarà fortemente negativa, segno tangibile di quanto sia positivo ed efficace in tal caso l'uso del DDMRP.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 55.129,00	- 1.819,25	-373%

Figura 4.2.10.14: quantità di stock per 1A0217;

- 1A0207: per questa materia prima proveniente dall'Italia sembra esserci una situazione di eterogeneità che va dal *Low Yellow*, per poi passare all'*Optimal Zone* ed arrivare ad una condizione di *High Yellow*. Per questo componente sono presenti ben sette ordini, distribuiti nell'arco dell'orizzonte temporale considerato, di quantità pari al *Minimum Order Quantity* del fornitore, che in questo caso non sembra essere particolarmente elevato, al contrario dei casi precedenti.

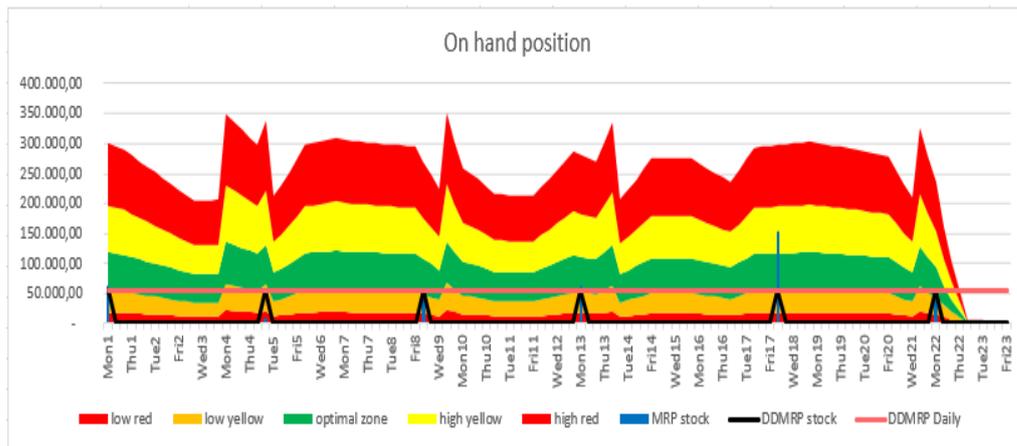


Figura 4.2.10.15: On-Hand position per 1A0207;

Per quel che riguarda lo *stock* disponibile è possibile notare come vi sia un risparmio oscillante a seconda dei mesi che, però, porterà ad un risparmio complessivo medio di 10082g e di un corrispettivo valore a giacenza pari a 39,52 euro. La *Percentage Quantity Deviation* media mostra un valore negativo che dimostra nuovamente l'efficacia del DDMRP in termini di *stock* sull'intero orizzonte studiato.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 10.082,00	- 39,52	-19%

Figura 4.2.10.16: quantità di stock per 1A0207;

- 1A0201: questo semilavorato presenta un valore di *On-Hand* costantemente in una situazione di grave *overstock*, che ritorna in una situazione di *Optimal Zone* solo nei *time bucket* in cui è presente un prelievo di materiale. Per questo semilavorato sono presenti ben otto ordini distribuiti nel corso dell'orizzonte temporale simulato, con un *Minimum Order Quantity* perfettamente in linea con le quantità richieste dagli ordini in arrivo. In questo particolare caso vi è una fortissima differenza tra l'ingente quantità presente in magazzino con l'utilizzo dell'MRP e, invece, le quantità a *stock* con il metodo del DDMRP. Ciò è probabilmente dovuto al tempo di *setup* della macchina in questione che, una volta preparata per questo tipo di lega, inizia una produzione molto superiore a quella necessaria.

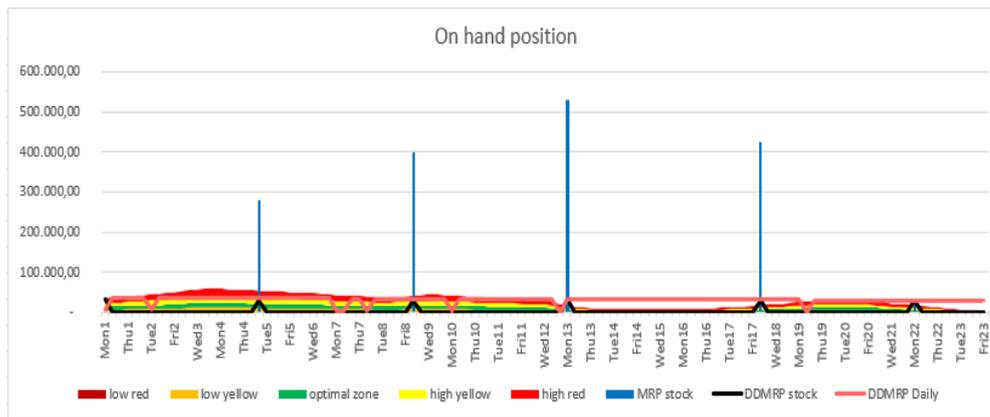


Figura 4.2.10.17: On-Hand position per 1A0201;

Per quel che concerne lo *stock* disponibile questo risulta per il primo ed ultimo mese superiore a quello attuale, mentre per i restanti inferiore, così da avere un complessivo risparmio mensile in termini di *stock* pari a 245194g, corrispettivi ad un valore di 8533,23 €. Per questo componente la *Percentage Quantity Deviation* sarà fortemente negativa, sintomo dell'efficacia del metodo per questo tipo di semilavorato.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 245.194,00	- 8.533,23	-793%

Figura 4.2.10.18: quantità di stock per 1A0201;

- 1A0260: per questo semilavorato utilizzato per la creazione di quattro dei cinque prodotti in esame, vi è una situazione di *On-Hand* eterogenea che oscilla tra l'*understock* nei momenti di ingente prelievo di materiale e l'*overstock* nel *time bucket* in cui è presente l'arrivo di materiale inbound. Per questo semilavorato sono presenti ben ventinove ordini, uno tra i numeri più elevati dell'intero caso studio e che più si avvicina alle logiche del DDMRP. Anche qui è presente una forte differenza tra lo *stock* presente a magazzino con l'attuale logica del MRP che, in particolare nel mese di Aprile, risulta particolarmente ingente, rispetto a quanto disponibile con il *Demand Driven Material Requirement Planning*.

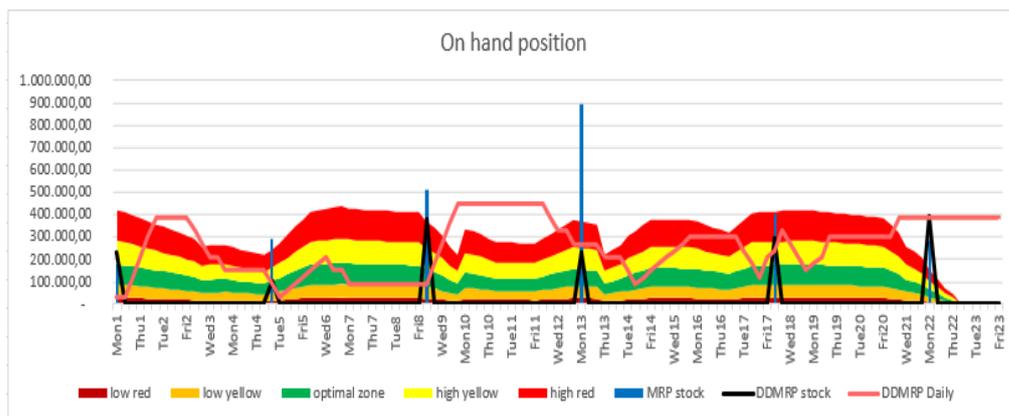


Figura 4.2.10.19: On-Hand position per 1A0260;

Per quanto riguarda lo *stock* disponibile nel primo ed ultimo mese è presente una condizione di maggiore *stock* con la nuova metodologia di DDMRP, mentre, per le altre mensilità, risulta chiaro il guadagno in termini di riduzione di *stock* con l'applicazione del nuovo metodo.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 156.721,00	- 6.752,77	-82%

Figura 4.2.10.20: quantità di stock per 1A0260;

In particolare, per quel che riguarda il consumo medio, vi sarà una quantità media risparmiata pari a 156721g e un corrispettivo valore a giacenza medio di 6752,77 €. Anche in questo caso la *Percentage Quantity Deviation* mostra quanto sia positivo l'efficienza del DDMRP, avendo un valore medio negativo per il periodo studiato.

- 4M0481: per quanto riguarda questo semilavorato setacciato, si avrà un *On-Hand* che partirà da una situazione di *Optimal Zone* per poi oscillare verso un *Low Red* e consolidarsi definitivamente verso l'estremo opposto di *High Red*. In questo caso sono presenti sette ordini di produzione per il semilavorato che avrà un *lead time* relativamente breve e pari a tre giorni. Utilizzando la tecnica del DDMRP ci saranno brevi intervalli temporali in cui il DDMRP porterà ad avere un *On-Hand* negativo,

dovuto ad ordini di grandi quantità, per i quali sarà necessario iniziare la produzione di nuovo materiale.

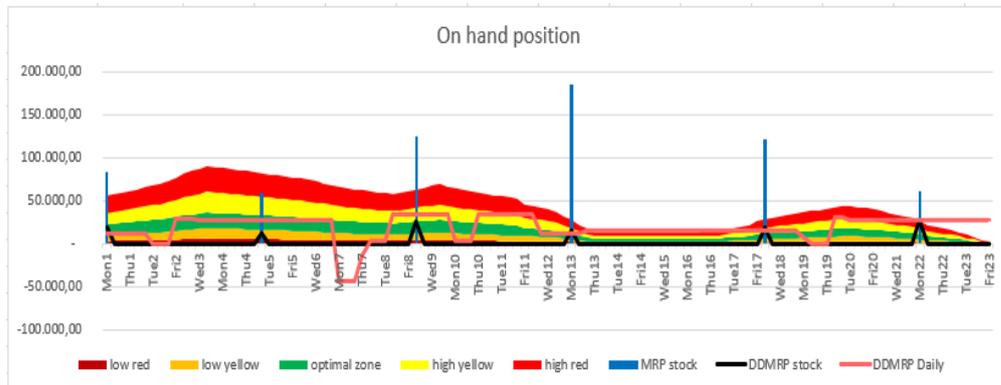


Figura 4.2.10.21: On-Hand position per 4M0481;

Per quanto riguarda lo *stock* disponibile si avrà una significativa riduzione di *stock* disponibile per ciascuna mensilità per una media calcolata sull'orizzonte temporale considerato, pari a 86250g e corrispondente a 4407,56€. Anche qui la *Percentage Quantity Deviation* mostra un valore fortemente negativo a rimarcare l'efficienza del metodo simulato.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 86.250,00	- 4.407,56	-479%

Figura 4.2.10.22: quantità di stock per 4M0481;

- 4M0495: questo setacciato è un componente fondamentale per quattro dei cinque prodotti considerati in questo caso studio e, per ciò che concerne l'*On-Hand*, si è in presenza di una persistente situazione di *understock* che oscilla tra la *Low Yellow* e la *Low Red*. Per questo semilavorato saranno presenti il maggior numero di ordini in assoluto con ben trentasette richieste di produzione nell'arco dell'orizzonte temporale analizzato. Qui, applicando le tecniche del DDMRP, si è in una situazione di *On-Hand* negativo per lunghi intervalli temporali; la situazione viene bilanciata dal materiale *On-Order* che riesce a riportare la situazione ad un livello più stabile per quel che riguarda la *Net Flow Position*.

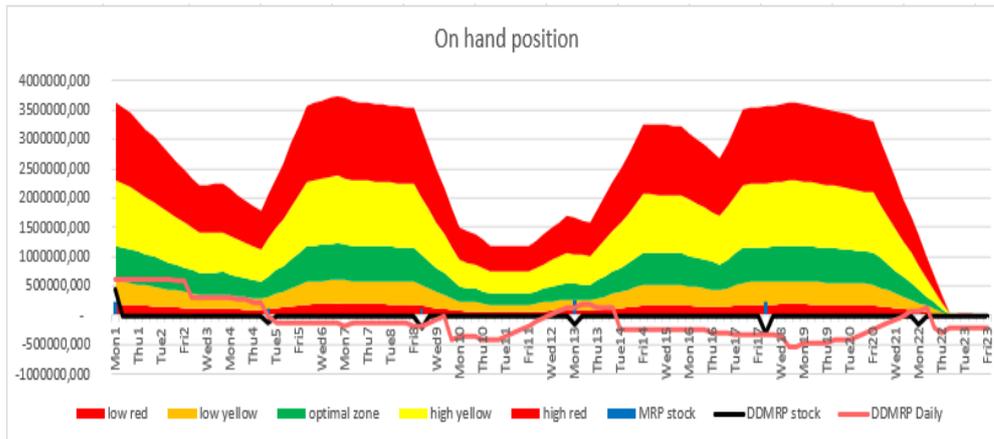


Figura 4.2.10.23: On-Hand position 4M0495;

Per quanto riguarda lo stock disponibile vi è una chiara riduzione delle quantità a magazzino ottenute utilizzando il DDMRP, il che comporta una riduzione nell'orizzonte temporale studiato pari a 266315g, con un corrispettivo valore a giacenza di 18748,88 €. In questo caso non sembra però esserci positività nell'utilizzo del metodo, in quanto la *Percentage Quantity Deviation* calcolata risulta essere positiva e quindi dichiarare un aumento della quantità stoccata con l'utilizzo del DDMRP, rispetto al caso di utilizzo del MRP.

DDMRP-MRP media (g)	DDMRP-MRP value media (€)	Percentage Quantity Deviation media
- 266.315,00	- 18.748,88	165%

Figura 4.2.10.24: quantità di stock per 4M0495;

Per poter avere una visione complessiva dei risultati quantitativi a livello di *stock* presenti con il metodo del MRP e del DDMRP, viene di seguito riportata un'unica tabella con le quantità confrontabili per ciascun *item*:

Item	Stock mensile DDMRP	Stock mensile MRP
1A0218	3.664,00	12.448,00
1A0045	27.618,83	24.246,83
1A0199	2.657.801,00	1.780.320,50
1Z0055	561.587,83	492.968,50
1A0200	919.677,00	806.563,83
1A0201	31.498,05	276.691,67
4M0481	19.858,41	106.108,33
1A0005	300.901,00	584.768,17
1A0217	19.231,34	74.360,00
1A0207	54.293,00	64.374,17
1A0260	271.788,00	428.508,33
4M0495	- 88.686,18	177.627,83

Figura 4.2.10.25: tabella riassuntiva stock;

Quello che risulta chiaro per tutti gli elementi studiati è la forte oscillazione dell'*On-Hand* presente durante l'arco temporale di simulazione. Vi sono sicuramente delle considerazioni finali da fare, che risultano essere valide per tutti gli elementi analizzati:

- Il tempo che intercorre tra due ordini è significativamente diverso per ciascun *item* considerato: vi sono situazioni in cui si ha un solo ordine da inviare nell'orizzonte considerato, ed altre dove invece è richiesto molto materiale in breve tempo. In generale però, a causa dei valori così elevati dei lotti di ordinazione, risulta in generale abbastanza bassa la frequenza di riordino, specialmente nel caso di materie prime, il che non risulta in linea con la logica del DDMRP che vorrebbe, invece, ordini più frequenti e di minore entità.
- La green zone è stata notevolmente ridotta in gran parte dei componenti, in modo da avere ordini più frequenti e di minore entità, che permettessero di restare in linea con la teoria del DDMRP. Infatti, utilizzando il MOQ per il calcolo della zona verde, senza l'ausilio di fattori di aggiustamento, si avrebbero avuto zone verdi decisamente sproporzionate rispetto alla quantità di materiale necessario. Risulta ricorrente il concetto della MOQ di molto superiore alla quantità necessaria per soddisfare gli ordini. Sarebbe interessante riuscire ad indagare ulteriormente, così da capire a cosa siano dovuti questi valori così alti.

- Il metodo appare particolarmente funzionante per i semilavorati, i quali dispongono di lead time più brevi e lotti di produzione più in linea con i consumi, il che permette di applicare con criterio le logiche del DDMRP. Lo stesso non può dirsi delle materie prime dove si è in presenza di pochissimi ordini di acquisto di quantità eccessivamente elevate per l'effettivo consumo e con lead time che arrivano fino a settantacinque giorni.

4.2.11 Analisi critica del DDMRP

A seguito della simulazione svolta è stato possibile capire a pieno la complessità e minuzia di informazioni che il metodo del DDMRP richiede. Infatti, l'applicazione del metodo al caso studio non sarebbe stata possibile senza l'aiuto interno da parte del supply chain manager di S.A.E.S Getters. È stato possibile toccare con mano la difficoltà non tanto a livello di calcolo, quanto a livello di analisi strategica. Nel caso studio in esame, sicuramente la parte più complicata è stata quella di reperire l'ingente quantità di dati, districandosi tra quelli più o meno utili all'analisi e cercando, quando necessario, di trarre le migliori valutazioni possibili a livello qualitativo. Per quanto l'analisi storica sia necessaria per poter andare a dimensionare i buffer, non è sicuramente sufficiente: fondamentale risultano essere quella serie di analisi di carattere strategico che richiedono una profonda conoscenza dell'azienda e del suo modo di operare, senza la quale non è possibile valutare i diversi parametri necessari per il calcolo delle diverse zone dei buffer. Infine, occorre tener presente che affinché il metodo possa essere utilizzato a livello industriale occorrerebbe introdurre nell'ambiente aziendale un sistema informativo in grado di gestire il DDMRP. Questo, ovviamente, presuppone un elevato investimento tecnologico che dovrebbe essere accompagnato da un parallelo sforzo nella formazione del personale. Si ha quindi un tema di trade-off tra beneficio economico ed impiego di tempo e risorse economiche per implementarlo: infatti, l'implementazione di tale sistema può richiedere un impegno a livello temporale non trascurabile, in base al contesto aziendale in cui viene applicato. Chiaramente, rinnovare il metodo di pianificazione comporta dover formare il personale riguardo questa nuova metodologia e, al fine di evitare errori, occorrerà fornire numerose sessioni di *training* del personale che non sempre le aziende sono disposte a supportare. In conclusione, lo sforzo richiesto a livello aziendale per l'implementazione del DDMRP è sicuramente ingente in termini di tempo e risorse coinvolte. Occorre, inoltre, trarre delle considerazioni sulla differenza tra MRP e DDMRP: il metodo attualmente utilizzato in azienda comporta l'ingente utilizzo di *forecast* per poter prevedere la domanda futura. La previsione è, a prescindere dall'algoritmo utilizzato, meno accurata della domanda reale del cliente. Nella simulazione in esame è stata utilizzata esclusivamente la domanda cliente ma, per poter applicare il DDMRP in un contesto aziendale, ciò comporta l'aver un rapporto di

forte vicinanza con il cliente così da non dover utilizzare *forecast* ed avere una maggiore visibilità. Il metodo del DDMRP, inoltre, risulta tanto più efficiente quanto più sono continui i flussi informativi e di materiali e, proprio per questo motivo, risultano controproducenti ordini di frequenze basse ed ingenti quantità: ordini di grandi quantità mettono in difficoltà il buffer e, di conseguenza, l'intero magazzino.

5 Conclusioni

La pianificazione dei fabbisogni è una delle fasi centrali nella gestione di un'azienda ed è quindi fondamentale ottimizzarla così da renderla efficiente. Infatti, la corretta gestione di questa serie di attività ha un forte impatto sui costi di magazzino e, di conseguenza, risulta fondamentale andare ad efficientare la disponibilità di *stock* necessaria per rispondere nel modo adeguato alla domanda del cliente. Nel caso studio in esame si è testato un metodo noto con il nome di *Demand Driven Material Requirements Planning*, che risulta migliore nella gestione delle scorte, rispetto al classico MRP, riducendo il livello delle stesse ed andando ad aumentare il servizio offerto al cliente. Con la simulazione si è testato il funzionamento del sistema di pianificazione per un arco temporale di sei mesi, su cinque prodotti facenti parte della produzione dell'azienda SAES Group. L'analisi ha mostrato come vi siano risultati positivi con l'applicazione del metodo ad un contesto così variabile, seppur non così evidenti come quelli attesi. I risultati dello studio hanno evidenziato, infatti, come vi sia una riduzione in termini di *stock* rispetto a quelli ad oggi presenti nel magazzino il che comporta un beneficio a livello economico. Dall'altro lato, però, non sono presenti un gran numero di ordini, specialmente per le materie prime, in quanto queste hanno dei *Minimum Order Quantity* di entità così elevate e con *lead time* così lunghi, da non permettere di avere tanti ordini di ridotta quantità come vorrebbe il metodo. Infatti, i *lead time* così lunghi sono il principale limite di questo contesto aziendale in quanto prevedono, per l'azienda, la necessità di doversi tutelare con scorte di molto superiori al necessario e, di conseguenza, di dover aumentare la capacità dei buffer. Il metodo, al contrario, appare più performante per i semilavorati che presentano *lead time* più brevi e ordini di produzioni elevati ma mediamente in linea con le quantità richieste, il che comporta il riuscire ad avere un numero superiore di ordini per la produzione di materiale nell'arco temporale simulato. Quanto è emerso dal caso studio è che per rendere performante il DDMRP, vi sia bisogno di un flusso di materiale quanto più continuo possibile, così da essere in linea con i principi stessi del metodo. La sua efficienza, infatti, risente in modo particolare dei lunghi *lead time* proprio perché il DLT è uno dei fattori utilizzati per il dimensionamento del buffer stesso. In definitiva, quello che appare chiaro è il bisogno di cambiare le quantità ordinate dai diversi supplier così da renderle più piccole e poter essere maggiormente in linea con il metodo proposto, che vorrebbe quantitativi inferiori e più frequenti. Ad ostacolo di ciò vi è sicuramente una *supply chain* caratterizzata da lunghe distanze, con materie prime provenienti dai diversi continenti che necessitano, obbligatoriamente, di *lead time* decisamente non trascurabili e non in linea con la logica testata. A livello di costi vi è sicuramente un guadagno dato dalla minor presenza in magazzino di merci, in confronto all'attuale situazione con MRP che presenta quantitativi eccessivamente elevati per la

maggior parte dei prodotti testati. Il metodo sembra, in definitiva, funzionare meglio dell'attuale MRP aziendale, seppur non dia il meglio del suo potenziale. Occorre, però, tener presente che l'analisi ha interessato principalmente i risultati operativi sulle quantità stoccate e il valore delle giacenze e che, di conseguenza, tali dati non siano sufficienti per avere uno spettro completo sulla positività o meno dello stesso. Occorrerebbe, infatti, valutare anche l'inevitabile investimento, sicuramente dispendioso a livello di tempo, necessario quanto meno per aggiornare, se non addirittura installare, il *software* che si occupi della gestione delle scorte, senza considerare il bisogno di un *training* del personale per accogliere al meglio questo cambiamento nella pianificazione. Occorre, in conclusione, ponderare questo trade-off costi-benefici così da poter decidere se sia o meno una scelta lungimirante quella di approcciarsi alla nuova metodologia presentata.

Bibliografia

- [1] Strategic adoption of logistics and supply chain management
- [2] Logistics versus supply chain management: an international survey, Larson e Halldórsson
- [3] Council of Supply Chain Management Professionals, <http://cscmp.org/>
- [4] The evolution of manufacturing planning and control systems: From reorder point to enterprise resource planning, patrick j. Rondeau lewis a.litteral
- [5] Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration, W.C. Benton *, Hojung Shin
- [6] APICS Dictionary, 2013
- [7] Demand Driven Material Requirements Planning Version 3, C. Ptak e C. Smith
- [8] Revisiting rescheduling: MRP nervousness and the bullwhip effect, Li e Disney
- [9] Il grande disegno di Paolo della Porta
- [10] Saesgetters.com
- [11] Comunicato stampa 2011 Gruppo SAES
- [12] Relazione semestrale finanziaria 2021 Gruppo SAES

Indice delle tabelle

Tabella 3.2.1: Lead time factor per tipologia di prodotto	15
Tabella 3.2.2: fattore di variabilità	16
Tabella 4.2.3.1: suddivisione della domanda mensile	32
Tabella 4.2.4.1: customer lead time per ciascun item	34
Tabella 4.2.4.2: lead time materie prime	37
Tabella 4.2.5.1: item classificati per part type	41
Tabella 4.2.5.2: Location e modalità di trasporto per le MP	41
Tabella 4.2.5.3: LT per ciascun item	43
Tabella 4.2.5.4 schematizzazione dei DLT	44
Tabella 4.2.5.5: lead time factor sulla base dei DLT	45
Tabella 4.2.5.6: variability factor per ciascun livello	46
Tabella 4.2.5.7: fattori di variabilità per ciascun item	47
Tabella 4.2.5.8: MOQ per le differenti materie prime	47
Tabella 4.2.5.9: MOQ per i differenti prodotti intermedi	47
Tabella 4.2.5.10: MOQ per i differenti prodotti finiti	48
Tabella 4.2.5.11: orizzonte temporale utilizzato per l'ADU	48

Indice delle figure

Figura 1.1: rappresentazione visione traditionalist	4
Figura 1.2: rappresentazione visione re-labeling	5
Figura 1.3: rappresentazione visione intersectionist	5
Figura 1.4: rappresentazione visione unionist	5
Figura 2.1: funzione di perdita d'inventario	8
Figura 2.2: distribuzione bimodale dell'inventario	9
Figura 2.3: effetto bullwhip lungo la catena	11
Figura 3.1: le cinque fasi del DDMRP	12
Figura 3.1.1: zone del buffer di disaccoppiamento	14
Figura 3.5.1: quattro allarmi della fase di execution	22
Figura 3.5.2: suddivisione in zone del buffer alert	23
Figura 4.1.1: paesi in cui è presente SAES Getters	26
Figura 4.2.1: prodotti oggetto del caso studio	28
Figura 4.2.2: distinta base del caso studio	29
Figura 4.2.4.1: Domanda mensile del prodotto 5F0305	35
Figura 4.2.4.2: Domanda mensile del prodotto 5F0537	36
Figura 4.2.4.3: Domanda mensile del prodotto 5F0538	36
Figura 4.2.4.4: Domanda mensile del prodotto 5F0539	36
Figura 4.2.4.5: Domanda mensile del prodotto 5F0548	37
Figura 4.2.4.6: distinta base con inserimento di buffer	39
Figura 4.2.5.1: categoria di appartenenza per gli item	40
Figura 4.2.5.2: area di input del foglio Simulazione	49
Figura 4.2.5.3: fase di dimensionamento	50
Figura 4.2.6.1: prima fase di dimensionamento	52
	82

Figura 4.2.7.1: rappresentazione della Qualified Demand	54
Figura 4.2.7.2: rappresentazione del Planning Priority	55
Figura 4.2.7.3: rappresentazione della fase di ordinazione	56
Figura 4.2.8.1: fase di Execution	57
Figura 4.2.8.2: grafico Net Flow Position	58
Figura 4.2.8.3: confronto tra DDMRP e MRP	59
Figura 4.2.9.1: Stock analysis	60
Figura 4.2.10.1: On-hand position 1A0218	62
Figura 4.2.10.2: quantità di stock per 1A0218	63
Figura 4.2.10.3: On-Hand position 1A0045	63
Figura 4.2.10.4: quantità di stock per 1A0045	64
Figura 4.2.10.5: On-Hand position per 1A0199	65
Figura 4.2.10.6: quantità di stock per 1A0199	65
Figura 4.2.10.7: On-Hand position per 1Z0055	66
Figura 4.2.10.8: quantità di stock per 1Z0055	66
Figura 4.2.10.9: On-Hand position 1A0200	67
Figura 4.2.10.10: quantità di stock per 1A0200	67
Figura 4.2.10.11: On-Hand position 1A0005	68
Figura 4.2.10.12: quantità di stock per 1A0005	68
Figura 4.2.10.13: On-Hand position 1A0217	69
Figura 4.2.10.14: quantità di stock per 1A0217	69
Figura 4.2.10.15: On-Hand position per 1A0207	70
Figura 4.2.10.16: quantità di stock per 1A0207	70
Figura 4.2.10.17: On-Hand position per 1A0201	71
Figura 4.2.10.18: quantità di stock per 1A0201	71
Figura 4.2.10.19: On-Hand position per 1A0260	72
	83

Figura 4.2.10.20: quantità di stock per 1A0260	72
Figura 4.2.10.21: On-Hand position per 4M0481	73
Figura 4.2.10.22: quantità di stock per 4M0481	73
Figura 4.2.10.23: On-Hand position 4M0495	74
Figura 4.2.10.24: quantità di stock per 4M0495	74
Figura 4.2.10.25: tabella riassuntiva stock	75