



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Anno Accademico 2021/2022

Tesi di Laurea Magistrale

**Implementazione della
pianificazione di terzo livello e
ottimizzazione della produzione in
L.M.A. s.r.l.**

Relatore: Carlo Rafele

Candidato: Andrea Bosio

Indice

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1 – REVISIONE DELLA LETTERATURA TEORICA	6
1.1 Supply Chain	6
1.2 Supply Chain Management	7
1.3 Programmazione della produzione	9
1.4 La Pianificazione della Produzione	11
1.5 La schedulazione della produzione	13
CAPITOLO 2 - L.M.A. s.r.l	17
2.1 Contesto aziendale	17
2.2 Cenni storici	17
2.3 Cenni su mercato aerospace & defence	18
2.4 Lavorazioni e macchine utilizzate	20
CAPITOLO 3 - IL SISTEMA GESTIONALE	22
3.1 I migliori ERP sul mercato	22
3.2 Cambio sistema gestionale e utilizzo INFOR	23
3.3 INFOR	24
CAPITOLO 4 - Industria 4.0	26
CAPITOLO 5 – AS IS: MRP + SCHEDULATORE	30
5.1 La produzione di L.M.A. s.r.l.	30
5.2 MRP	31
5.3 MRP e tempi di consegna	33
5.4 Funzionamento MRP	37
5.5 Report MRP	38
5.6 Gestione del magazzino MRP	40
5.7 Lo schedulatore	41
5.8 Funzionamento dello schedulatore	43
CAPITOLO 6: SHOULD BE	51
6.1 Flusso ideale	52
6.2 Criticità pianificazione dei componenti	52
6.3 Schedulazione Risorse Uomo	77
6.4 Schedulazione Risorse Macchina	90

6.5 Altre funzionalità utilizzabili	104
CAPITOLO 7 – WILL BE.....	108
7.1 Funzionamento di APS.....	109
7.2 APS e schedulazione a Finite o Infinite Capacity	111
7.3 Lead Time APS.....	112
7.4 Scenari WHAT IF	113
7.5 I 4 obiettivi con l'introduzione di APS.....	114
7.6 Regole per implementare APS	116
7.7 Aree funzionali con cui lavora APS.....	118
CONCLUSIONI	121
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	124

INTRODUZIONE

L'obiettivo del seguente lavoro di tesi è lo sviluppo e l'analisi critica finalizzata ad una proposta di ottimizzazione del modello di pianificazione MRP + schedulatore con l'implementazione della pianificazione di terzo livello delle risorse in un'azienda del torinese appartenente al settore aerospace & defence. Il lavoro di tesi propone inoltre un progetto di introduzione e transizione all'utilizzo di APS, ossia advance planning schedule, con il fine studiare e implementare tutte le possibilità offerte dal sistema gestionale. Il contesto presso cui l'attività riguardante la tesi ha avuto luogo è stato quello della società L.M.A. s.r.l., importante società conosciuta e stimata a livello nazionale e internazionale che svolge lavorazioni meccaniche ad altissima precisione per il mondo dell'aeronautica.

La struttura della presente tesi prevede un capitolo iniziale di revisione della letteratura che ha lo scopo di introdurre il concetto di supply chain e di supply chain management. In un quadro complesso, in cui l'integrazione dei processi e la gestione della supply chain è fondamentale per il mantenimento della competitività, il tema del Supply Chain Management è più che mai attuale, se applicato nel giusto modo, può portare interessanti benefici alle aziende in termini di costi, tempistiche, efficacia ed efficienza. È impossibile oggi pensare di attuare la pianificazione della produzione senza un adeguata gestione della supply chain e le ultime tecnologie come l'advanced planning and scheduling prevedono appunto una totale integrazione tra processo produttivo interno e gestione della catena di fornitura esterna. Il capitolo prosegue con un'analisi dei concetti di programmazione della produzione e la divisione tra pianificazione e schedulazione, termine tradotto dall'inglese scheduling. Da un punto di vista accademico si possono avere più definizioni ed esse possono non coincidere perfettamente. In questo lavoro di tesi, seguendo anche il modo di suddividere la pianificazione utilizzato da L.M.A. s.r.l., si è deciso di utilizzare come definizioni quelle che prevedono la suddivisione della pianificazione in primo livello, secondo livello e terzo livello. Il seguente lavoro di tesi verte infatti sull'ottimizzazione della pianificazione di terzo livello.

La tesi presenta un secondo capitolo in cui è definito il contesto aziendale, esso ripercorre brevemente le principali fasi storiche dell'azienda e contiene il modello di crescita implementato da L.M.A. s.r.l. che le ha permesso di arrivare ad essere un importante player

internazionale partendo da un contesto di azienda familiare. In questo capitolo sono presenti, inoltre, i prodotti del core business ed una breve descrizione delle macchine CNC e non solo utilizzate da L.M.A. s.r.l. Infine è descritto e allargato il contesto aziendale in termini di industry. Come è ovvio tale settore, in particolare l'ambito civile, è stato fortemente colpito dalla pandemia di COVID-19.

Il terzo capitolo prevede una breve rappresentazione del mondo ERP attuale e descrive brevemente il sistema gestionale utilizzato attualmente dall'azienda. Gli ERP svolgono un ruolo imprescindibile e di primaria importanza in quanto permettono l'integrazione dei processi produttivi. Fondamentale il passaggio sull'ERP, L.M.A. s.r.l. ha cambiato il sistema gestionale da poco più di due anni e lo scopo di questo lavoro è appunto quello di portare avanti studi e implementazioni con il fine, in un futuro prossimo, di utilizzare a pieno tutte le possibilità del sistema gestionale.

Il quarto capitolo fa un breve accenno al piano di industria 4.0. Esso è stato significativamente importante per le medio piccole aziende nostrane e ha portato a significativi passi in avanti nel campo della digitalizzazione e dell'automazione in ambito industriale. È grazie ad esso se oggi un'azienda come L.M.A. s.r.l. ha la possibilità di far partire una pianificazione di terzo livello e punta in un futuro prossimo ad implementare la tecnologia APS.

Il quinto capitolo prevede un'importante descrizione della situazione as is dell'azienda. In particolare, sono definiti il funzionamento, gli algoritmi e i parametri che possono essere attuati utilizzando MRP e schedatore per la programmazione della produzione. Il sesto capitolo analizza le criticità del modello attuale e indica le soluzioni da attuare per arrivare ad implementare la pianificazione di terzo livello anche su tutte le risorse. Il sesto capitolo si propone anche di analizzare e provare a risolvere altre criticità tutt'ora presenti nel modello as is che non riguardano strettamente la schedulazione, il lavoro di tesi verterà anche sull'ottimizzazione della pianificazione dei fabbisogni e dei componenti necessari per la produzione degli end item finali.

Il settimo capitolo è il capitolo conclusivo della tesi, oltre a contenere le conclusioni dell'elaborato si compone anche di soluzioni attuabili in futuro dall'azienda e da

un'introduzione e dai passaggi che necessita L.M.A. s.r.l. per attuare una transizione verso APS, arrivando così ad utilizzare il 100% delle capacità del sistema gestionale.

CAPITOLO 1 – REVISIONE DELLA LETTERATURA TEORICA

Questo capitolo ha come obbiettivo quello di introdurre il concetto di Supply Chain e Supply Chain Management. Successivamente sono analizzati i concetti di pianificazione della produzione e schedulazione e le loro caratteristiche fondamentali. La comprensione di essi è fondamentale per la pianificazione di terzo livello e per l'introduzione di APS. L'advance planned schedule punta ad ottenere un'ottimizzazione del proprio sistema produttivo, sistema però che non può essere scollegato rispetto alla propria supply chain. La gestione della supply chain è parte integrante e fondamentale per la pianificazione in un'azienda. L.M.A. s.r.l. ha una forte integrazione con la supply chain e la gestione della supply chain costituisce un'importante creazione di valore per l'azienda. Inoltre, il capitolo ha lo scopo di definire i concetti di programmazione, pianificazione e schedulazione. Tali nozioni sono fondamentali per lo sviluppo della tesi.

1.1 Supply Chain

Per supply chain o catena di approvvigionamento si intende il processo che permette di portare sul mercato un prodotto o servizio, trasferendolo dal fornitore fino al cliente. Le supply chain sono, quindi, integrazioni complesse di organizzazioni indipendenti ma interdipendenti tra di loro. Si tratta pertanto di un processo articolato che coinvolge diverse figure professionali e numerose attività dell'ecosistema-impresa: il flusso di materie prime o componenti, i processi di produzione e la manutenzione dei macchinari, la logistica distributiva che provvede a far arrivare il bene acquistato al cliente, la supply logistics, la after sale logistics e la reverse logistics.

“Il concetto di Supply Chain è relativamente recente, essendo stato formulato per la prima volta attorno agli anni '90. In questi anni che si inizia a notare come il veicolo competitivo non è più rappresentato solamente dall'azienda individuale, ma dall'insieme di aziende interconnesse di cui l'azienda stessa fa parte. In passato infatti era comune che una singola azienda potesse comprendere al suo interno quasi l'intera Supply Chain. L'attenzione dei manager delle più grandi aziende era quindi focalizzata sui sistemi previsionali, sulle nuove

modalità per rifornire i magazzini della rete, oppure ancora sulla curva dei costi a cui potevano essere date diverse interpretazioni” (“Dalla Logistica al Supply Chain Management (Teorie ed esperienze)” di Claudio Ferrozzi e Roy Shapiro).

I rapporti e i processi che sottendono alla realizzazione dei prodotti sono però oggi molto più complessi anche solo di venti/trent’anni fa. La supply chain moderna presenta una morfologia e un grado di complessità superiore rispetto alle filiere di qualche anno fa. Ciò è dovuto alla globalizzazione dei mercati, all’intensificarsi dei flussi di materie prime e ai cambi nelle abitudini e nelle richieste da parte dei clienti. È impensabile, con la competizione globale attuale, di riuscire ad internalizzare tutti i processi e pertanto per realizzare un prodotto e spedirlo al domicilio del cliente, le imprese devono interagire con una moltitudine di attori, sia interni che esterni all’azienda, per poter assicurare il raggiungimento dei risultati. Per raggiungere tali risultati occorre una conoscenza della supply chain accurata, un’analisi dei dati in tempo reale e una condivisione delle informazioni che prima non era richiesta. La gestione della supply chain è ormai divenuta fondamentale per la sopravvivenza di un’azienda, in particolare per un’azienda manifatturiera come L.M.A s.r.l.

1.2 Supply Chain Management

Il Supply chain management ha a che vedere con la gestione dei materiali, delle informazioni e dei flussi finanziari in una rete contenente fornitori, produttori, distributori e clienti (Standard Supply Chain Forum). Nel 1982, i primi a parlare di Supply Chain Management furono due studiosi, Oliver e Webber, che lo definirono come una tecnica di riduzione delle scorte in aziende facenti parte la stessa filiera. Il termine supply chain management si utilizzava per parlare della gestione del magazzino e delle scorte all’interno di una supply chain. In ogni caso il concetto riguarda la gestione di tutta la catena di distribuzione, con particolare riferimento alla logistica e al rapporto con i fornitori. Si basa soprattutto sulla previsione, programmazione e coordinamento del flusso delle merci, e sulle aspettative del cliente finale. In tal senso secondo Defining Supply Chain Management (John T. Mentzer, William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Nix, Carlo D. Smith, Zach G. Zachariail) “il Supply Chain Management può essere definito come un

coordinamento sistematico delle tradizionali funzioni aziendali e delle tattiche, all'interno di ogni organizzazione e lungo la catena di distribuzione, che ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni di lungo periodo dei diversi attori che operano lungo la supply chain". Infine, per mettere chiarezza, nel 2007 "The Council of SCM Professionals" ha definito che il Supply Chain Management "comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche. Include, inoltre, la coordinazione, l'integrazione e la collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, e clienti. In poche parole, il SCM integra e coordina la supply chain e la gestione dei rapporti tra i vari attori della supply chain stessa".

Lo scopo primario del Supply Chain Management è controllare le prestazioni e migliorare l'efficienza per ottimizzare il livello di servizio reso al cliente finale, razionalizzando i costi operativi e il capitale impegnato. Diventa, quindi, uno dei driver fondamentali su cui possono puntare le organizzazioni per aumentare la loro competitività e la soddisfazione del cliente: oggi il Supply Chain Management è parte integrante del successo di un'azienda. La gestione efficiente della catena di approvvigionamento consente alle aziende di ridurre il time to market, diminuire i prezzi dei prodotti e assicurare una differenziazione rispetto ai competitor. Tutto questo anche grazie all'avvento di internet e alla diffusione dell'utilizzo dell'ICT che migliorano il servizio al cliente, aumentano la velocità di comunicazione, riducono i costi di processo e assicurano una maggiore flessibilità aziendale. In particolare, internet ha reso strategico il Supply Chain Management, rendendo più facili e immediate la coordinazione, l'integrazione e la comunicazione tra i membri che operano lungo la catena di distribuzione.

Nel concreto, quindi, si punta ad una più precisa previsione della domanda che permetta di comprendere le esigenze dei clienti, ad una pianificazione della domanda puntuale per realizzare piani di azione attendibili e precisi, ad un processo di trattamento degli ordini ottimizzato, ad una migliore schedulazione della capacità produttiva al fine di ottimizzare l'uso delle risorse e degli impianti ed infine si punta ad una pianificazione dell'utilizzo delle materie prime efficiente ed efficace tramite una integrazione tra domanda, fornitura, produzione, logistica.

La digitalizzazione delle operazioni logistiche permette alle aziende di ridurre i costi e risparmiare tempo, portando a una maggiore efficienza complessiva. Ma entrando più in dettaglio, in particolare, avere soluzioni digitali di Supply Chain Management ha ricadute su visibilità in tempo reale e integrazione dei dati.

Avere la completa visibilità di tutto il processo permette di individuare le aree più critiche e di gestirne in anticipo le vulnerabilità e le interruzioni. In questo modo si ha la possibilità di attivarsi in anticipo potendo gestire le criticità ed evitando ripercussioni anche economiche. Affinché questo avvenga è necessario avere una visibilità end-to-end dell'intera catena di fornitura in tempo reale, tale necessità è raggiungibile solo con il digitale.

Fondamentale è anche l'integrazione dei dati e l'interoperabilità dei dati, per rendere simultanei i flussi tra tutti gli stakeholder e ridurre inutili tempi morti. Tutto questo si traduce in una maggiore capacità di soddisfare le richieste dei clienti in modo reattivo.

1.3 Programmazione della produzione

“Tutti i piani sono inutili, ma la pianificazione è fondamentale”

Dwight D. Eisenhower

La programmazione della produzione è un processo che ha lo scopo di organizzare l'attività di produzione affinché sia coerente con i piani aziendali che definiscono gli obiettivi economico-finanziari dell'intera azienda. La programmazione della produzione, nelle aziende manifatturiere, si occupa dunque di definire i piani o i programmi di produzione e quindi di stabilire cosa, quanto e quando produrre con diversi livelli di dettaglio, diversi orizzonti temporali e in taluni casi anche di simulare diversi scenari.

Questo processo coinvolge diverse funzioni aziendali, numerose risorse e strumenti per ragionare su previsioni che variano dal breve al lungo periodo.

Il processo di programmazione della produzione può essere diviso in due parti:

la pianificazione e la schedulazione della produzione.

La pianificazione a sua volta può essere divisa in una tattica e l'altra operativa, come evidenziato dal modello Hierarchical Production Planning o HPP di Hax e Meal del 1975. La schedulazione della produzione si occupa invece della pianificazione delle risorse, cioè di una pianificazione che potrebbe essere definita "pianificazione a livello esecutivo". La schedulazione opera a livello delle risorse, sia uomo che macchina, al fine di ottimizzare la distribuzione dei carichi e completare ordini di lavoro nel più breve tempo possibile.

La programmazione della produzione è un processo indispensabile per aziende di una certa dimensione e per quelle che vogliono fare uno step notevole in direzione di una maggior e miglior organizzazione.

Una corretta pianificazione della produzione permette infatti di ottenere numerosi vantaggi, tra cui:

- Verificare lo stato delle risorse produttive e provvedere ad implementarle per tempo se necessario;
- Lanciare gli ordini per l'approvvigionamento dei materiali facendoli arrivare al momento giusto;
- Mantenere al livello minimo le scorte di materia prima e le giacenze di prodotto finito;
- Stabilire con largo anticipo date di consegna attendibili;
- Ottimizzare la gestione degli impianti producendo ciò che serve quando serve con la massima efficienza;
- Evitare colli di bottiglia e code di materiali in attesa all'interno del flusso produttivo;
- Rispettare le date di consegna comunicate ai clienti e se necessario ripianificarle;
- Effettuare inserimenti di nuovi ordini urgenti non pianificati.

Il rischio principale in cui si può incorrere nella programmazione della produzione è quello di utilizzare strumenti non adeguati, i quali danno l'illusione di poter pianificare

correttamente, ma presentano dei costi e rischi nascosti, dovuti a vincoli tecnici dello strumento non superabili. I rischi possono essere quelli di non avere dati aggiornati, di non avere visibilità di ciò che accade nei vari reparti e di disporre di software che non sono in grado di prendere in considerazione determinati vincoli; ad esempio L.M.A. s.r.l., utilizzando per ora solamente l'MRP, non possiede vincoli per la pianificazione nel passato e quindi i pianificatori si ritrovano spesso ad avere suggerimenti dall'MRP per ordini di materie prime da dover fare nei mesi precedenti non garantendo non solo una projected date aggiornata in tempo reale ma permettendo anche di lanciare ordini di lavoro senza avere fisicamente in magazzino la materia prima. Questo e altri problemi della situazione attuale di programmazione di L.M.A. s.r.l. verranno analizzati nei prossimi capitoli.

Lo strumento più completo ed efficace in grado di sopperire a questo e altri problemi è APS, ossia software per l'Advanced Planning and Scheduling. Esso è uno degli strumenti più avanzati in questo momento per quanto riguarda la programmazione della produzione.

1.4 La Pianificazione della Produzione

La pianificazione della produzione è il processo con cui si punta ad ottenere il prodotto finale rispettando i tempi annunciati, producendo al minor costo possibile e ottemperando a tutti gli standard qualitativi previsti andando a definire le risorse sia in termini di lavoro che di capitale necessarie per la produzione.

La pianificazione della produzione può essere strutturata in quattro fasi principali (Melloni R., 2008):

- **Pianificazione strategica:** è eseguita sul lungo termine con un orizzonte temporale che va dai 2 ai 5 anni. Ha una precisione e una affidabilità dei dati bassa, serve a definire la tipologia di prodotti da realizzare, il processo di marketing e le vendite, il tipo di mercato, il tipo di distribuzione, i metodi di finanziamento e il fabbisogno finanziario. Viene definita a livello dirigenziale e viene utilizzata anche per valutare le variazioni di capacità da assegnare al sistema produttivo;
- **Pianificazione aggregata della produzione:** È eseguita sul medio termine e ha un orizzonte temporale che corrisponde all'esercizio contabile e in genere considera un

anno, il livello di precisione dei dati disponibili è medio, ha lo scopo di valutare il modo più efficiente per fare incontrare le richieste del mercato con la produzione.

- **Pianificazione principale della produzione:** è eseguita sul medio termine, ha un orizzonte di riferimento pari ad un singolo esercizio e si basa su un livello di precisione dei dati disponibili medio-alto. Ha l'obiettivo di definire un piano dettagliato di produzione in base a quanto definito nella fase precedente. Viene eseguita tipicamente con l'ausilio di strumenti quali MRP.
- **Pianificazione operativa:** È eseguita sul breve termine, ha un orizzonte temporale di riferimento tipicamente minore di un esercizio, il livello di precisione dei dati disponibili è di conseguenza elevato e con contenuti margini di variabilità, possiede un periodo di riferimento pari al giorno, settimana, mese e le informazioni elaborate hanno un livello di dettaglio relativo al singolo prodotto. Viene eseguita a livello shop o reparto.

Un altro modello di pianificazione è stato strutturato nel 1975 da Hax e Meal sempre in Pianificazione della Produzione Gerarchica (Hierarchical Production Planning o HPP), essi hanno teorizzato un modello di pianificazione della produzione tuttora valido per ogni tipo di business, in particolare per le aziende manifatturiere.

Il modello di Hax e Meal si articola in due livelli:

- 1) **tattico:** la pianificazione
- 2) **operativo:** la messa in atto delle azioni pianificate

e tre ambiti:

- 1) **approvvigionamento dei materiali** (Material Resource Planning o MRP)
- 2) **capacità produttiva dell'impresa** (Capacity Resource Planning o CRP)
- 3) **verifica di fattibilità degli ordini**, essa deriva dalla messa in relazione dei primi due ambiti con la domanda reale/prevista e le risorse disponibili (Pegging)

Alla pianificazione segue la schedulazione, cioè la calendarizzazione delle attività stabilite in fase di pianificazione.

L.M.A. s.r.l. fa una programmazione di primo livello, detta anche programmazione aggregata, sulle serie da produrre relative alle varie commesse. Aggregando per serie si stabiliscono costi, carichi, tempi, fattibilità di nuove serie o di nuove commesse ecc. La pianificazione di primo livello ha un orizzonte temporale medio-lungo, ossia dai tre anni ai cinque anni. Anche questa pianificazione è fatta utilizzando Infor, viene, infatti, creato un codice denominato LMASER-xxx dove dentro, nella distinta base, c'è l'elenco della serie standard con i part number e le quantità. Facendo girare fittiziamente MRP e schedulatore si ottiene da quel codice, che contiene l'insieme di item della commessa o della serie, la sommatoria dei fabbisogni e dei carichi su cui poi è possibile fare analisi e valutazioni.

È attuata successivamente una programmazione di secondo livello in cui si disaggrega per il RCCP, ossia Rough Cut Capacity Planning. Il RCCP è una pianificazione della capacità produttiva che viene utilizzata per le principali risorse, quali capacità dei fornitori, forza lavoro, impianti e macchinari, per fare un primo programma di produzione, che viene migliorato successivamente mediante tecniche più avanzate e calcoli più complessi. Essa mira a verificare che la capacità produttiva disponibile dell'azienda sia sufficiente a soddisfare i requisiti della stessa in termini di capacità produttiva richiesta dai principali programmi. Questa fase ha un orizzonte temporale di un anno e ha lo scopo di analizzare i part number più critici per vedere se si generano dei colli di bottiglia.

Infine, vi è la pianificazione di terzo livello che è la pianificazione delle risorse. È specifico per ogni singola risorsa. Essa si completa nella creazione di una forma di dispatch list, cioè un ordine con cui una risorsa deve eseguire gli ordini di lavoro a lei assegnati. È uno degli scopi di questa tesi arrivare ad implementarla in L.M.A. s.r.l.

1.5 La schedulazione della produzione

Lo scheduling è un processo decisionale che viene utilizzato in molte industrie manifatturiere e di servizi in cui il livello di digitalizzazione e automazione è elevato. Lo scheduling, in italiano può essere tradotto in maniera letterale con schedulazione oppure

con pianificazione di terzo livello, non è altro che l'allocazione delle risorse, uomo e macchina per il completamento delle operazioni di un ordine di lavoro.

Lo scheduling della produzione è pertanto quel processo che assegna le richieste di carico alle risorse esistenti in azienda sulla base della loro effettiva disponibilità e capacità produttiva, con l'obiettivo, in genere, di minimizzare i tempi e i costi di produzione nel rispetto delle operazioni pianificate. Inoltre, possono essere perseguiti altri obiettivi quali la massimizzazione del carico sulle risorse o la minimizzazione dei tempi di inattività, andando ad esempio a ridurre i cambi di attrezzaggio macchina.

Come riportato da Pinedo Michael L. in "Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems" del 2015 si può sostenere che lo scheduling per svolgere elaborazioni necessita di ricevere in ingresso tali informazioni:

- stato dei magazzini;
- ordini effettivi dei clienti;
- composizione dei prodotti secondo le distinte basi;
- caratteristiche operative nominali dei vari centri di lavoro;
- disponibilità dei materiali e dei lavoratori;
- vincoli;

Lo scheduling genera come risultato un insieme di tempi di inizio e di fine per tutte le operazioni richieste da ogni ordine di produzione, stabilendo le risorse sulle quali le operazioni vengono eseguite.

Il numero di ordini di lavoro nel processo di produzione è spesso di centinaia, anche migliaia come nel caso di L.M.A s.r.l. e ognuno ha la sua data di rilascio e una due date o di consegna richiesta. L'obiettivo dello schedulatore deve essere, quindi, quello di far rispettare il maggior numero possibile di due date, massimizzando allo stesso tempo il rendimento. Quest'ultimo obiettivo è raggiunto massimizzando l'utilizzo delle risorse, specialmente delle macchine a collo di bottiglia, richiedendo quindi una minimizzazione dei tempi di inattività e dei tempi di attrezzaggio.

La schedulazione può essere difficile sia dal punto di vista tecnico che da quello di implementazione, alcune difficoltà che attualmente ha L.M.A. s.r.l. verranno trattate nei prossimi capitoli. Il tipo di difficoltà incontrate sul lato tecnico sono simili alle difficoltà incontrate in altre forme di ottimizzazione combinatoria e di modellazione stocastica. Le difficoltà sul lato dell'implementazione sono di un tipo completamente diverso. Possono dipendere dal modello utilizzato per l'analisi del problema di programmazione attuale e dall'affidabilità dei dati di input che sono necessari.

La schedulazione, ma anche la funzione di programmazione in generale che opera in un sistema di produzione o in un'organizzazione di servizi deve interagire con molte altre funzioni. Queste interazioni dipendono dal sistema e possono differire sostanzialmente da una situazione all'altra. Spesso hanno luogo all'interno di un sistema informativo a livello aziendale. Una fabbrica moderna o un'organizzazione di servizi ha spesso un elaborato sistema informativo che include un computer centrale e un database. Area locale o reti locali di personal computer, stazioni di lavoro e terminali di inserimento dati, che sono collegati al computer centrale, possono essere usati sia per recuperare dati dal database o per inserire nuovi dati. La maggior parte delle aziende italiane, anche medio piccole, si servono pertanto di un software che controlla un tale elaborato sistema d'informazione, ossia un sistema Enterprise Resource Planning (ERP).

In L.M.A. s.r.l. e in generiche aziende manifatturiere gli ordini che vengono rilasciati in un ambiente di produzione devono essere tradotti in lavori con le relative date di scadenza. Questi lavori devono essere processati sulle macchine, appartenenti ad un determinato gruppo risorsa, in un dato ordine o sequenza. L'elaborazione dei lavori può a volte essere ritardata se alcune macchine sono occupate e possono dover aspettare se vi sono lavori ad alta priorità che devono passare su una determinata risorsa. Inoltre, anche eventi imprevisti in officina come guasti alle macchine o tempi di elaborazione più lunghi del previsto devono anche essere presi in considerazione, dal momento che possono avere un grande impatto sui programmi e possono portare a far sì che l'ordine di lavoro non venga completato alla data prevista. In un tale ambiente, lo sviluppo di un programma dettagliato dei compiti aiuta a mantenere l'efficienza e il controllo delle operazioni.

La schedulazione deve interagire con altre funzioni decisionali, Infor prevede la possibilità di utilizzo sia lo schedulatore che il sistema MRP (Material Requirements Planning) insieme. Prima che la schedulazione sia generata, è necessario che tutte le materie prime e le risorse siano disponibili nei tempi specificati. Le date di disponibilità di tutti i lavori devono essere determinate congiuntamente dal sistema di pianificazione/programmazione della produzione e dal sistema MRP.

Ogni item finale ha una distinta dei materiali (BOM) che elenca i pezzi richiesti per la produzione e ogni item, se è un macchinato o un assemblato, ha una serie di operazioni che deve svolgere per poter completare un ordine di lavoro. Il sistema MRP tiene ovviamente anche l'inventario di ogni parte che l'azienda usa o ha usato in lavori precedenti, questo ovviamente per evitare di produrre o comprare pezzi che ci sono già on hand. Inoltre, determina la tempistica degli l'acquisto di ciascuno dei materiali.

Il grosso problema tutt'ora della schedulazione in L.M.A s.r.l. è il fatto che MRP e schedulatore non sono totalmente integrati tra di loro.

CAPITOLO 2 - L.M.A. s.r.l

2.1 Contesto aziendale

L.M.A s.r.l. è un'azienda fondata nel 1970 da Giuseppe Boscolo e dalla moglie Oriana Fazioni. Nata come azienda familiare è diventata nel corso del tempo un punto di riferimento internazionale nella progettazione, industrializzazione e fabbricazione di componenti meccanici ad alta precisione e criticità per il settore aerospace & defence, sia in ambito civile che militare. L.M.A. s.r.l. è specializzata nella lavorazione per asportazione di truciolo su materiali grezzi o cut to size di acciaio, titanio e alluminio. I prodotti macchinati e gli assiemi possono essere di piccole, medie e grandi dimensioni fino agli 8.000 millimetri.

La sede aziendale, gli uffici del personale e lo stabilimento produttivo si trovano a Pianezza in via Vercelli 6, in provincia di Torino. L'azienda inoltre possiede un magazzino ricezione merci in via dei prati 50, sempre a Pianezza. Di fianco a quest'ultimo si trovano anche gli uffici della sezione di ricerca e sviluppo.

2.2 Cenni storici

L'azienda nasce nel 1970 grazie alla visione e alle straordinarie competenze tecniche di Giuseppe Boscolo. Oggi a guidare l'azienda è la seconda generazione della famiglia Boscolo, ossia Fulvio e Cristina Boscolo. A loro si deve la grande trasformazione di L.M.A. s.r.l. da azienda familiare a player internazionale in grande crescita.

L.M.A. s.r.l. ha saputo affrontare e superare oltre mezzo secolo di storia sviluppandosi attraverso innovazione e capacità di adattamento in mercati complessi e in continua evoluzione. L'azienda ha da sempre lavorato in un contesto internazionale, ma è riuscita nel tempo a cogliere opportunità commerciali e ad aumentare la customer base raggiungendo accordi oltre che con Leonardo s.p.a., con clienti europei e anche con player americani, russi, israeliani.

La crescita sostenuta si è comunque sempre sviluppata attraverso un processo graduale, composto da una serie di fasi che hanno garantito un'attenuazione dei rischi e hanno

mantenuto il controllo delle attività di marketing, la responsabilità del processo di produzione, l'alto standard qualitativo e il monitoraggio del servizio offerto al cliente finale.

Per tali ragioni oggi L.M.A. s.r.l. rappresenta un punto di riferimento importante nel mondo aerospace & defence.

Nel 2020, per completare un ulteriore step di crescita dell'azienda, la famiglia Boscolo ha stipulato un accordo con Orienta Partners, società specializzata in investimenti in Pmi italiane dall'elevato potenziale di crescita. Orienta Partners contribuirà alla realizzazione e concretizzazione di piani strategici volti a creare valore per l'azienda e a consolidare la curva di crescita attraverso la propria competenza non solo come investitore in aziende e progetti d'eccellenza, ma anche come esperto di gestione aziendale.

2.3 Cenni su mercato aerospace & defence

Il settore aerospaziale comprende due distinti ambiti di ricerca e applicazione: il settore dell'aeronautica, ovvero tutto ciò che riguarda il volo e il trasporto (umano o di materiali) entro l'atmosfera terrestre (aviazione, avionica, ingegneria aeronautica, aerei civili e militari, elicotteri) e il settore dello spazio, ovvero tutte quelle attività che si sviluppano al di fuori dell'atmosfera terrestre, con scopi prevalentemente di ricerca e osservazione planetaria (satelliti di osservazione, navigazione, shuttle, telecomunicazioni).

Un'ulteriore distinzione che è possibile fare nel settore aerospaziale è quella tra il settore civile e quello della difesa, quindi militare.

La maggior parte del fatturato di L.M.A. s.r.l. è relativa nello specifico al settore dell'aeronautica militare.

In generale il settore aerospaziale è una delle eccellenze italiane nel mondo. Secondo i dati della Federazione Aziende Italiane per l'Aerospazio, la Difesa e la Sicurezza (AIAD), il comparto A&D italiano occupa una posizione di primo piano nel contesto internazionale, quarto in Europa e settimo nel mondo con circa 50mila posti di lavoro diretti e un valore del fatturato di circa 15,5 miliardi di euro, di 8 miliardi per l'export, una percentuale ben superiore a quella del peso occupazione del settore (circa 1%), evidenziando il ruolo che gioca la domanda estera nell'economia del settore. In termini di sistemi integrati altamente

tecnologici, infatti, l'industria aerospaziale italiana costituisce il principale settore manifatturiero in Italia. Le lavorazioni di L.M.A. s.r.l. e in generale di tale settore sono altamente complesse, richiedono alti livelli tecnologici e procedure di collaudo e certificazione superiori rispetto alla maggior parte degli altri settori manifatturieri. L'investimento in ricerca e sviluppo, di L.M.A. s.r.l. e delle principali aziende italiane del settore, ha permesso di raggiungere considerevoli traguardi nell'aggiudicarsi importanti commesse. Le grandi imprese italiane in questo settore occupano posizioni di primo piano a livello internazionale, prima su tutte Leonardo s.p.a. che è il principale cliente di L.M.A. s.r.l.

Questo è stato però uno dei settori maggiormente colpiti dalla pandemia di Covid-19. Un crollo senza precedenti del traffico aereo che, unito agli effetti sulle supply-chain globali, ha avuto pesanti ripercussioni sulla produzione aerospaziale sul piano operativo, finanziario e logistico. Non solo si è fermata la produzione di velivoli civili, velivoli rimasti completamente fermi per quasi un anno, ma anche le difficoltà logistiche, in particolare il reperimento di materie prime è stato decisamente complesso, soprattutto nelle fasi iniziali della pandemia.

Il settore civile è stato sicuramente quello più colpito dalla pandemia. Secondo uno studio del 7 dicembre di Accenture la crescita per l'aerospaziale civile sarà del 13% a livello globale nel 2022, che rappresenta un miglioramento significativo rispetto al 2021, ma ancora del 4% al di sotto dei livelli del 2019.

Considerando l'intero settore aerospace & defence secondo uno studio di EDA il mercato globale è previsto aumentare a un tasso considerevole tra il 2021 e il 2024, superiore alla media del comparto manifatturiero.

Il settore della difesa in particolare è previsto in grande ripresa in particolare grazie all'aumento di budget dei Paesi Nato, con un target di spesa per la difesa che dovrà raggiungere il 2% del Pil, come richiesto da tempo dagli Stati Uniti.

La pandemia ha però accelerato alcuni cambiamenti nel settore, come sottolinea il report The Aerospace and Defence Industries Association of Europe 2020, l'industria è profondamente coinvolta nell'attuale trasformazione tecnologica, con ingenti impieghi in

digitalizzazione, intelligenza artificiale e tecnologie verdi. Le aziende non possono più prescindere da una trasformazione digitale e da sistemi informativi gestionali all'avanguardia.

2.4 Lavorazioni e macchine utilizzate

Le lavorazioni principali che vengono svolte internamente sono le lavorazioni di sgrossatura e finitura su un cut to size, ossia un materiale, ad esempio una piastra di alluminio, che è già stato tagliato ricalcando il pezzo finito che dovrà essere prodotto. Pertanto, le lavorazioni che fa L.M.A. s.r.l. sono prevalentemente asportazioni finali di truciolo su materiali che sono già stati tagliati in precedenza, tali operazioni sono ovviamente le più complesse e richiedono una precisione assoluta. I pezzi sono poi sottoposti a trattamenti chimici, collaudi e verniciatura.

L'azienda possiede diverse macchine CNC per svolgere tali lavorazioni. Le macchine utensili utilizzate sono prevalentemente fresatrici, a 3 o 5 assi, a cui si aggiungono torni e un'alesatrice.

La differenza tra un centro di lavorazione 3 assi rispetto ad un 5 assi consiste nel fatto che la lavorazione 3 assi è eseguita dagli assi di avanzamento lineare X, Y, Z, mentre una lavorazione a 5 assi è un movimento di interpolazione lineare degli assi di avanzamento X, Y, Z e uno qualsiasi dei tre assi di rotazione A, B e C attorno a X, Y e Z.

Nella lavorazione a 3 assi l'orientamento dell'utensile rimane costante durante il movimento nell'intero processo di lavorazione, nel centro di lavoro a 5 assi la direzione dell'utensile può essere ottimizzata mentre esso si muove in maniera lineare lungo il percorso.

Per le lavorazioni dei pezzi più lunghi in genere vengono utilizzate le macchine fresatrici OMV. L'azienda possiede anche fresatrici multipallet che possono lavorare 24 ore su 24.

Le macchine più utilizzate, che sono anche le più grandi insieme alle macchine FPT, sono le fresatrici Parpas.

L'azienda possiede quattro Parpas a cui viene data una denominazione progressiva:

- Parpas 1 che monta un elettromandrino HSK 100, lavora a bassa velocità, alta coppia, è adatta per lavorare i materiali più duri che arrivano in azienda, ad esempio l'acciaio;
- Parpas 2 che può montare sia l'elettromandrino HSK 100 che HSK63A, è adatta per lavorazioni ad alta asportazione di truciolo;
- Parpas 3 che monta un elettromandrino HSK 63;
- Parpas 4 che monta un elettromandrino HSK 63, essa è la macchina più grande, è un 8 metri per 3 metri.

L'azienda possiede inoltre una Saimp Forest foratrice alesatrice. Essa è una macchina indispensabile che permette di fare operazioni di alesatura post montaggio.

L'alesatura, ossia una lavorazione meccanica per correggere lievemente l'assialità e il diametro dei fori, è fatta al termine del processo di montaggio. In generale, dopo il processo di foratura e i relativi trattamenti superficiali che deve fare il pezzo, al fine di avere un diametro giusto per fare entrare le boccole o altri componenti necessari, si fanno le operazioni di alesatura.

CAPITOLO 3 - IL SISTEMA GESTIONALE

Considerata la grande importanza che ha il sistema gestionale in un'azienda, soprattutto manifatturiera, e trattandosi di parte fondamentale della tesi, si è voluto analizzare in questo capitolo il mercato attuale degli ERP, nel quale, Infor, il sistema gestionale utilizzato da L.M.A. s.r.l., è considerato uno dei cinque migliori a livello mondiale e si è voluto spiegare brevemente i motivi che hanno spinto l'azienda ad abbandonare il vecchio sistema per scegliere infor. Infine, vi è un paragrafo sul sistema gestionale attuale e viene definita la caratteristica principale che ha portato a scegliere Infor rispetto agli altri sistemi gestionali.

3.1 I migliori ERP sul mercato

Il mercato degli ERP è estremamente variegato e ci sono un gran numero di aziende che offrono prodotti e servizi gestionali e sistemi informativi gestionali integrati. Il mercato dei prodotti ERP è abbastanza maturo: alcuni venditori ci lavorano da oltre 40 anni. La scelta del prodotto dipende dalla specializzazione del settore in cui opera l'azienda, dalle attività principali che svolge e dalle funzionalità necessarie richieste.

I 5 principali ERP sul mercato sono:

1. SAP: è un leader globale assoluto nel suo campo. Ha oltre 170 milioni di utenti cloud e più di 45 anni di esperienza. Oltre il 90 % delle aziende di Forbes Global 2000 sono clienti SAP, ma i loro servizi sono utilizzati non solo dai giganti globali, oltre l'80% della base clienti di SAP è costituita da piccole e medie imprese. Tra i partner di SAP si trovano inoltre Microsoft, Alibaba, Amazon, Google e altre grandi aziende.

SAP ha un esclusivo sistema software completamente integrato che consente di trasformare l'azienda in un'impresa intelligente. Inoltre, grazie alla possibilità di segmentazione del prodotto per settore, SAP può essere considerata una soluzione universale per tutti. Tra i sistemi ERP, SAP fornisce programmi specifici per settori come l'industria chimica, mineraria e petrolifera e del gas, energia, banche, commercio al dettaglio e all'ingrosso e beni di consumo.

2. Oracle, è il principale concorrente di SAP. Crea software e hardware ottimizzati per funzionare sia nel cloud che nel data center aziendale.

Oracle è anche una soluzione completa per una vasta gamma di settori e ha un eccellente rapporto qualità-prezzo. Il vantaggio principale dell'azienda è la singolare infrastruttura cloud di seconda generazione per il primo e principale DBMS del settore. Oracle Cloud Infrastructure è un'azienda che offre ai clienti una garanzia di efficienza, sicurezza, gestibilità e funzionamento continuo.

3. Workday, molto utilizzato dalle grandi e medie imprese. Tra le aziende leader al mondo che hanno scelto i programmi di Workday, ci sono giganti come Netflix, Airbnb, Best Western, National Geographic, TripAdvisor e altri.

Workday si posiziona come proprietario di uno dei sistemi più flessibili, permettendo all'azienda di trovare immediatamente nuove idee e opportunità e adattarsi al cambiamento. Sistema ERP cloud adatto per finanza, gestione risorse umane e pianificazione.

4. Salvia, sistema gestionale molto utilizzato da piccole e medie imprese. Questa azienda innovativa è particolarmente adatta a coloro che hanno una priorità nella sfera finanziaria e contabile.

5. Infor, insieme a SAP, è leader nella produzione di sistemi di gestione patrimoniale. Infor è adatto per aziende di qualsiasi dimensione grazie a prodotti segmentati, ma è in questo momento l'ERP più indicato per il settore manifatturiero.

3.2 Cambio sistema gestionale e utilizzo INFOR

Un software aziendale non performante e obsoleto costituisce un freno allo sviluppo dell'azienda. Avere un sistema gestionale che offre prestazioni di alto livello è al giorno d'oggi considerato fondamentale. L.M.A. s.r.l. ha cambiato il sistema gestionale nel 2019, considerando ormai non più adatto il precedente. In generale un sistema gestionale aziendale può essere considerato non più sostenibile per questi motivi:

- **obsolescenza tecnologica**, ovvero incapacità di allinearsi alle funzioni implementate dalle novità del mercato;
- **insostenibilità economica**, dovuta all'imposizione di costi per funzionalità che non rispondono alle reali esigenze aziendali;
- **abbandono da parte della software house**, soprattutto nel caso di gestionali aziendali di matrice artigianale, le cui aziende madri sono nel tempo sparite o sono state assorbite da grandi gruppi;
- **sviluppo ed evoluzione dell'impresa**, che necessita di un software di alto livello, che si adegui meglio alle nuove forme del business e alle funzionalità che si sono sviluppate nel corso del tempo.

L'azienda L.M.A. s.r.l. negli ultimi anni è cambiata, cresciuta, si è adeguata a nuovi schemi e nuovi mercati. Se l'obiettivo è quello di essere sempre più competitivi e attrarre nuovi mercati il sistema gestionale non può non essere all'avanguardia e sfruttato a pieno. Per due motivi elencati in precedenza, ossia lo sviluppo ed evoluzione dell'azienda e l'obsolescenza del sistema gestionale precedente, l'azienda nel 2019 ha deciso di passare dal software Mago alla piattaforma Infor.

Infor permette diversi livelli di dettaglio e relativa complessità. Ad oggi si utilizzano le funzionalità di MRP e in parte dello schedatore di Infor, è ovvio che in così poco tempo non si sia arrivati a sfruttare la piattaforma al 100% delle sue potenzialità. Lo studio e l'implementazione di una pianificazione di terzo livello ottimizzata per le risorse, sia uomo che macchina, e lo studio ed eventuale utilizzo di APS permetterebbe di avere una pianificazione e schedulazione avanzata e garantirebbe un ulteriore step di crescita aziendale, non solo in termini economici ma anche strategici.

3.3 INFOR

Infor è un'azienda globale che fornisce prodotti software per ogni aspetto del business aziendali. Infor realizza suite complete di applicazioni per settori verticali in modalità cloud

e distribuisce efficacemente tecnologie che mettono l'esperienza utente al primo posto. Le soluzioni Infor sfruttano la scienza dei dati e si integrano facilmente nei sistemi esistenti.

Oltre 65.000 organizzazioni in tutto il mondo si affidano a Infor per mettere in atto la trasformazione digitale a livello aziendale al fine di adeguarsi ad una variabilità sempre maggiore del mercato e ad una sempre maggiore richiesta di reattività alle criticità.

La società è stata fondata nel 2002 con il nome di Agilisys a Malvern (Pennsylvania). A febbraio 2004 è stata trasferita nell'area metropolitana di Atlanta. Agilisys ha acquistato nello stesso anno la società tedesca Infor Business Solutions, con sede a Friedrichsthal. Dopo questa acquisizione, Agilisys ha cambiato nome ed è diventata Infor Global Solutions, nome di ERP che è oggi conosciuto in tutto il mondo.

L'azienda negli anni è cresciuta molto e ha completato diverse acquisizioni ed è ad oggi uno dei sistemi gestionali più utilizzati sia da grandi produttori globali con complesse esigenze multi-sito sia da piccole imprese con pochi o anche solo un sito.

In particolare, l'ERP Infor LN include funzionalità pensate e progettate per le esigenze delle imprese manifatturiere.

Una delle caratteristiche fondamentali di Infor che ha spinto L.M.A. s.r.l. alla scelta di questo ERP è stata la grande flessibilità che permette di avere un software con strumenti espandibili per la personalizzazione senza modifiche del codice sorgente. Sono state infatti personalizzate diverse anagrafiche e inserito diverse modifiche al sistema al fine di customizzarlo all'azienda.

CAPITOLO 4 - Industria 4.0

Il termine Industria 4.0 (o Industry 4.0) indica un piano avente l'obiettivo di integrare alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.

Industria 4.0, o meglio, Industry 4.0 prende il nome dal piano industriale del governo tedesco (presentato nel 2011) e concretizzato alla fine del 2013. Dopo una fase di studio il governo italiano ha seguito la strada tedesca e ha presentato nel 2016 anch'esso un Piano Nazionale Industria 4.0. Esso prevedeva investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo e riportare la manifattura ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

Industria 4.0 è stato un incentivo e un volano che ha permesso alle aziende, in particolare quelle manifatturiere, di ottimizzare efficienza produttiva e migliorare la gestione della produzione.

Le PMI, come L.M.A. s.r.l., hanno ovviamente dovuto affrontare più difficoltà in confronto alle grandi aziende nel seguire le direttive dell'industria 4.0. All'interno delle PMI possono presentarsi cambiamenti ostici da gestire e numerose difficoltà organizzative, ma i mercati odierni e l'aggressiva concorrenza delle grandi aziende hanno condotto le PMI a modificare la gerarchia organizzativa dei vari gruppi di lavoro e a modificare i metodi di lavoro, introducendo infrastrutture e digitalizzazione dei dati. Senza questa trasformazione le PMI sono destinate a non sopravvivere nel mercato. L.M.A. s.r.l. ha intrapreso da tempo la strada verso la digitalizzazione e investito in infrastrutture tecnologiche, l'obiettivo di una ottimizzazione della pianificazione delle risorse e di sviluppo APS segue, infatti, questa direzione.

Spesso questi nuovi asset organizzativi prevedono la suddivisione di più mansioni ad ogni singolo individuo, un maggior carico di lavoro, maggiori responsabilità e un metodo organizzativo difficile da definire. Per adeguarsi al nuovo mondo dell'industria 4.0 anche le aziende di piccole e medie dimensione hanno dovuto puntare su digitalizzazione, software

per la gestione della produzione e utilizzo di appositi dispositivi al fine di supportare le PMI nell'organizzare e nella gestione delle fasi lavorative.

Le fasi lavorative di maggior interesse e su cui l'industria 4.0 ha avuto il maggior impatto sono:

- 1) Arrivo commessa
- 2) Preparazione ordine di produzione
- 3) Gestione del magazzino
- 4) Gestione delle risorse uomo e delle risorse macchina
- 5) Controllo delle attività lavorative

Ognuna di queste fasi richiede la coordinazione di più figure lavorative e quando sussistono molteplici elementi in parallelo è di vitale importanza utilizzare un sistema che fornisca gli strumenti necessari per una corretta pianificazione.

La digitalizzazione dei contenuti è il primo passo da compiere ed è il requisito per far comunicare lavoratori, macchinari, isole o reparti con un software per la gestione della produzione. È quindi essenziale integrare software ai macchinari e renderli consultabili o manovrabili tramite dispositivi di interazione uomo/macchina.

Per quanto riguarda la fase di arrivo della commessa è essenziale inserire la maggior quantità possibile di dati della commessa. Azienda richiedente, data d'inserimento, gli elementi stessi della commessa, eventuali note o dati tecnici utili per i reparti operativi.

I dati inseriti devono essere disponibili per i program manager o comunque per quelle figure a cui l'azienda affida la responsabilità operativa della produzione. In officina devono, invece, arrivare i dati tecnici per effettuare la propria operazione e le disposizioni per far procedere al meglio il processo produttivo. Tali informazioni devono poter essere consultabili direttamente sul proprio terminale (tablet, pc desktop o qualsiasi altro dispositivo). Sono quindi inseriti tutti gli elementi utili per i magazzinieri, per il reparto operativo/produttivo o per altre aree lavorative.

La consultazione di questi dati avviene tramite dispositivi situati nelle apposite aree di competenza. In questo modo l'operatore possiede tutto l'occorrente per avanzare nei propri lavori. Ad esempio, i magazzinieri si troveranno la lista dei materiali utili alla lavorazione in corso o gli addetti alla produzione si troveranno tutte le fasi necessarie per il completamento del proprio incarico. Il grande vantaggio della digitalizzazione è quello che tutte le attività possono essere monitorate con lo scopo di valutare eventuali rallentamenti, problematiche interne o altri contesti difficili da riscontrare con i metodi classici. La digitalizzazione dei dati permette indubbiamente di intervenire sulle criticità in maniera più tempestiva.

Prima dell'Industria 4.0, quindi pochi anni fa, anche in L.M.A. s.r.l. non vi era l'utilizzo della digitalizzazione e di un sistema gestionale adeguato. Una commessa, una riga ordine, un job order si trasformava in numerosi fogli di carta, appunti aggiuntivi e indicazioni su chi doveva intervenire. Il lavoro dei responsabili della produzione e dei pianificatori era inevitabilmente più complesso e meno preciso.

Oggi, con l'introduzione del MES e di un ottimo sistema gestionale ogni figura lavorativa ha accesso ai dati di appartenenza e trova una guida ben definita su ciò che dovrà fare e tutti i riferimenti utili al suo processo lavorativo. La semplicità schematica di ogni singola fase consente un rapido controllo per la verifica in tempo reale (o nei dati archiviati) del percorso lavorativo dei singoli addetti.

Ad esempio, gli addetti ai vari reparti visualizzano su schermo la fase lavorativa assegnata, consultano eventuali note o file tecnici e procedono fino alla conclusione del proprio lavoro. L'operatore tramite l'interazione con il proprio dispositivo indica lo start dei lavori, eventuali pause, tempi di attrezzaggio, problemi tecnici o altre azioni specifiche e smarca la fase sul portale una volta completata l'operazione da eseguire.

Il grande vantaggio di utilizzare un sistema digitale è, quindi, quello di poter rendere qualsiasi attività visualizzabile su schermo, aiutando il reparto operativo nello svolgere il lavoro nel migliore dei modi. Inoltre, la proprietà e il management possono controllare ogni singola attività svolta e scorgere eventuali difficoltà da risolvere per le future attività lavorative. Il vantaggio di non utilizzare più fogli di carta o file excel ostici da consultare o modificare è enorme e permette di avere un processo più accurato, controllabile e di avere

dati in tempo reale e di conseguenza permette di intervenire tempestivamente in caso di bisogno.

Come si può facilmente intuire, quindi, l'apporto di un sistema adeguato e di un'infrastruttura all'avanguardia può fornire notevoli vantaggi in tutte quelle PMI che vogliono continuare ad avanzare con competitività e sicurezza.

L.M.A. s.r.l. ha già svolto questa transizione. Nel corso degli ultimi anni l'azienda ha fatto un lavoro straordinario che ha radicalmente modificato il modus operandi all'interno dell'azienda e ora ha la possibilità di guardare a ulteriori sviluppi tecnologici. Senza questo processo di digitalizzazione sarebbe stato impossibile una pianificazione delle risorse ottimizzata e sarebbe stato impensabile attuare implementazioni come APS.

CAPITOLO 5 – AS IS: MRP + SCHEDULATORE

Questo capitolo ha lo scopo di introdurre lo stato attuale di L.M.A. s.r.l. per quanto riguarda la pianificazione e la schedulazione delle risorse. In questo capitolo verrà approfondita la tipologia di produzione che ha L.M.A. s.r.l. e verranno esaminati i campi all'interno del sistema gestionale attuale che permettono la pianificazione. Inoltre, verranno analizzati nel dettaglio metodologie, algoritmi e funzioni che permettono di dare un quadro completo della situazione as is dell'azienda.

5.1 La produzione di L.M.A. s.r.l.

La produzione di L.M.A. s.r.l. rientra nella categoria make-to-order e job shop. La produzione e la richiesta di materie prime necessarie per il processo produttivo è effettuata solo a seguito di ordini arrivati all'azienda da parte dei clienti.

L.M.A. s.r.l. soddisfa determinate commesse contenenti una grande quantità di righe ordine relative a centinaia di part number di items. Trattandosi di un settore come quello aerospace & defence, che richiede collaborazioni di lungo periodo tra le aziende, L.M.A. s.r.l. ha una visibilità sugli ordini molto estesa, l'orizzonte temporale su cui ha la possibilità di lavorare è molto lungo.

L'azienda lavora con una produzione job shop, ossia una produzione per reparti specializzati. In tale contesto, le varie operazioni che compongono il ciclo produttivo sono svolte ciascuna presso un reparto costituito da un insieme di macchinari omogenei per tipo di lavorazione. L'aggregazione in gruppi di risorse non ha riguardato solo le risorse macchina, ma anche i reparti uomo come, ad esempio, il gruppo risorse collaudo, il gruppo assemblaggio, ecc... tale suddivisione sarà essenziale per l'implementazione di una schedulazione di alto livello.

Dovendo soddisfare un gran numero di righe ordine, contenenti articoli molto differenti tra loro, anche la varietà dei cicli di lavorazione è elevata, mentre in linea generale le macchine operatrici, o comunque le macchine facenti parte dello stesso gruppo risorsa, sono di tipo

universale (general purpose machines), ossia capaci di operare su differenti codici previo diverso tipo di attrezzaggio e parametri di lavorazione.

L'ordine di produzione normalmente è relativo a un certo quantitativo di pezzi dello stesso tipo da produrre. Ogni lotto richiede l'esecuzione di un certo tipo di operazioni da eseguire secondo un ordine prestabilito. Per ogni lotto di produzione vi è un documento di lavoro che accompagna il pezzo (o il lotto) e precisa la sequenza delle operazioni che devono essere svolte in officina. Terminata un'operazione, il lotto è trasferito in genere manualmente tramite contenitori ad un altro centro per l'operazione successiva. Una caratteristica delle produzioni per job shop è, infatti, la presenza di semilavorati (work-in-progress) in attesa di lavorazione presso i vari reparti.

Per quanto riguarda la produzione, a livello di sistema informativo, essa viene gestita utilizzando MRP + schedulatore. Trattandosi di elementi fondamentali per questa tesi, tale argomento è trattato nel dettaglio nei successivi sottocapitoli.

5.2 MRP

MRP, ossia Material Requirement Planning, è una tecnologia nata negli anni '70 che ha avuto una crescita molto rapida nel corso degli anni. MRP permette la pianificazione dei fabbisogni dei materiali, esso è un sistema progettato per gestire e coordinare i processi di produzione, acquisto e consegna del prodotto finito.

MRP è una metodologia di planning che pianifica i requisiti in base al livello più basso in cui l'item appare nella distinta dei materiali (BOM). Pianifica prima tutti gli items finali, poi tutti gli articoli al livello successivo, e così via.

MRP pianifica "al più tardi", ossia a ritroso partendo dalla data di consegna o due date dell'item finale e tornando indietro in base ai lead time dell'articolo in questione e di tutti i sottocomponenti che lo compongono. Inoltre, pianifica il "batching", cioè non considera gli items prodotti o acquistati dall'azienda come indipendenti ma analizza l'insieme dei requisiti necessari in un dato periodo di tempo per tutti gli items finali dell'azienda.

Sostanzialmente, quindi, MRP aiuta a identificare i materiali di cui si ha bisogno per far

partire una produzione, il giorno in cui se ne ha bisogno e suggerisce quando devono essere rilasciati i purchase order e gli ordini di lavoro.

A differenza dell'Advanced Planning and Scheduling (APS), MRP non considera i routing time e le capacità delle risorse o dei turni. La responsabilità è del pianificatore, il quale deve assicurarsi che l'officina abbia la capacità disponibile per lavorare e rispettare il piano.

Il sistema genera ordini pianificati e messaggi di eccezione per aiutare il pianificatore a implementare un piano accurato, quindi, quando si esegue un processo MRP, in gergo chiamato "lancio dell'MRP", il sistema genera ordini PLN. Gli ordini PLN rappresentano i suggerimenti di MRP su come si può produrre o acquistare un articolo per soddisfare le richieste.

MRP da indicazioni anche sulle date in cui effettuare le operazioni, esso usa i lead time degli articoli per calcolare le date di rilascio dei PLN. Dopo che MRP riconosce che si ha bisogno di un PLN, calcola la release date a partire dalla data di scadenza (la due date). La release date è la prima data di produzione valida. MRP suggerisce quindi la release date partendo dalla due date e togliendo il lead time totale dell'articolo.

Il lead time totale, ovvero il tempo per consegnare un item dal momento in cui è accettato un CO, ossia un customer order da parte del cliente, è caratterizzato dalla somma di questi lead time:

- Fixed lead time
- Variable lead time * quantità
- Dock to stock lead time
- Paper work lead time
- Transit time

Affinché MRP funzioni correttamente e pianifichi in maniera adeguata occorre che i dati relativi ai lead time siano il più accurati possibile.

L'ufficio Tecnico di L.M.A. s.r.l. deve inserire manualmente i tempi di consegna per gli articoli acquistati o dati all'azienda in conto lavoro compilando i campi dell'anagrafica "items" e deve redigere una BOM per gli items. Vengono quindi inseriti dei tempi per ogni

item. In linea generale, in L.M.A. s.r.l. vengono compilati i campi di Fixed lead time e di default sono attribuiti 5 giorni per il paper work lead time e 2 giorni per il dock-to-stock lead time per gli articoli prodotti. Si può in alternativa utilizzare la funzione del Lead Time Processor che genera automaticamente i tempi di consegna per gli articoli prodotti usando i tempi specificati nella distinta base di un articolo, considerando anche i variable lead time e la quantità richiesta.

5.3 MRP e tempi di consegna

MRP pianifica "al più tardi" ossia a ritroso dalla data richiesta (due date o requirement date) calcolando le date start.

Le date che interessano MRP sono:

- Due date, data entro cui è richiesta la consegna.
- Start Date, ossia la data di inizio messa in produzione o data richiesta di ordine d'acquisto. In questo campo viene inserita la data in cui i componenti sono richiesti per poter così far avviare il processo di lavorazione. La start date è, infatti, fondamentale per lo schedatore, perché è da tale data che lo schedatore pianifica.
- Release date, ossia la data in cui occorre rilasciare gli ordini all'officina o ai fornitori

$$\text{Release date} = \text{Due date} - [(\text{Fixed Lead Time} + (\text{Variable Lead Time} * \text{Quantità Richiesta}) + \text{Dock-To-Stock Lead Time})]$$

- Release date for firming, ossia la data in cui occorre iniziare il lavoro d'ufficio e tutto il lavoro cartaceo per poter rilasciare l'ordine in tempo al fine di rispettare la due date

$$\text{Release date for firming} = \text{Due date} - \text{Release date} - \text{Paper Work Lead Time.}$$

Le tipologie di lead time prese in considerazione sono:

- Paper Work Lead Time, esso è il numero di giorni che occorrono per compilare i moduli necessari prima di un lavoro o di un ordine di acquisto, internamente può essere considerato come il tempo necessario per creare un ordine pianificato, convertirlo in un ordine di acquisto rilasciato o ordine di lavoro rilasciato e sommargli i tempi di creazione documenti relativo a quell'ordine (ad esempio le DDT).
- Fixed Lead Time, per gli items prodotti in azienda, esso è il lead time calcolato dal Lead Time Processor ed è uguale alla somma di move time, queue time e setup time di ogni operazione nel ciclo standard di produzione dell'articolo (arrotondato al giorno più vicino). Nel caso di non utilizzo del Lead Time processor e lasciando vuoto il campo del lead time variabile, esso è definito come la somma di run time, queue time, setup time e process time di ciascuna operazione nel ciclo standard di produzione dell'articolo. L.M.A. s.r.l. non utilizza in genere il Lead Time processor e adopera invece questo secondo metodo per definire il fixed lead time di un articolo prodotto.
Per un articolo acquistato, il campo fixed lead time è il numero di giorni dal momento in cui l'articolo viene ordinato fino a quando viene ricevuto.
- Dock To Stock Lead Time, esso è considerato come il numero di giorni necessari per mettere l'articolo in magazzino dopo che il materiale acquistato è stato ricevuto in banchina. Esso considera anche il tempo di ispezione e controllo qualità.
- Variable Lead Time, esso è il totale dei tempi di esecuzione di ciascuna operazione nel ciclo corrente dell'items. Il Lead Time Processor calcola questo campo solo per gli articoli prodotti. Quando si esegue l'attività Pianificazione MRP o Pianificazione APS, il Lead Time variabile è moltiplicato per la quantità prodotta per determinare il lead time variabile totale. Non utilizzando il Lead Time Processor, L.M.A. s.r.l. non utilizza il variable lead time nella sua pianificazione, ad oggi.

MRP pianifica utilizzando il calendario MDAY ed elabora i tempi di consegna utilizzando il calendario dei giorni di produzione, quindi i giorni feriali di lavoro effettivo. La gamma di date incluse in questo calendario è impostato nel modulo "Planning Parameters", sostanzialmente un giorno è considerato giorno lavorativo quando è possibile caricarci sopra almeno un turno da 8 ore. Tale calendario viene usato in svariati processi in modo

tale che una diversa calendarizzazione dei giorni lavorativi per differenti processori non porti ad analisi non integrate. MDAY è utilizzato per questi processi:

- MRP (per pianificare a ritroso usando i tempi di consegna, per determinare le eccezioni di entrata e uscita, e prevedere il consumo).
- MPS Processor (per determinare le eccezioni di entrata, uscita e rilascio dell'ordine).
- Rapporto sulla disponibilità dei materiali (per pianificare con i tempi di consegna).
- Material Planner Workbench e Order Action Report (per calcolare la data di rilascio per il firming).

Infor considera tre tipologie di item possibili: articoli acquistati, prodotti o transferred, ossia materiali in conto lavoro dati dall'azienda cliente a L.M.A. s.r.l., in questo caso, al fine di essere lavorati e poi consegnati al cliente come end items.

Per gli articoli acquistati, MRP utilizza il lead time presente nell'anagrafica "items". Il sistema utilizza il lead time degli articoli acquistati per eseguire le seguenti funzioni:

- Per calcolare la data di rilascio di un PO, ovvero di un ordine di acquisto, relativo ad un ordine pianificato confermato.
- Quando si fa un cross-reference e si crea un ordine di acquisto per uno specifico materiale che deve essere lavorato.
- Quando si crea manualmente una linea d'ordine d'acquisto o una linea di richiesta d'ordine d'acquisto ed esiste un contratto per l'articolo ed esiste il fornitore dell'ordine di acquisto.

Il sistema, quindi, calcola la data di scadenza predefinita aggiungendo il lead time necessario al fornitore per far arrivare la materia prima o per la lavorazione dell'articolo.

Per gli articoli prodotti in azienda, è possibile inserire i tempi di consegna manualmente o utilizzare il Lead Time processor per generare i tempi di consegna dai tempi di attraversamento. Lo scopo del Lead Time Processor (LTP) è di calcolare i tempi di consegna

fissi e variabili di un articolo usando la durata delle operazioni che compongono il suo percorso attuale. Il tempo di consegna fisso è espresso in giorni. Il lead time variabile è espresso in ore ed è il tempo di esecuzione per un pezzo.

Il sistema usa i tempi di consegna per pianificare articoli prodotti in queste situazioni:

- Per pianificare la data di inizio di un lavoro quando l'item non ha routing time;
- Per calcolare la data di scadenza degli ordini pianificati di stock di sicurezza (data/ora corrente + tempo di consegna);
- Per determinare quale percorso e quale distinta base usare quando si pianifica un requisito per un articolo.

Il lead time non è usato quando il sistema passa i requisiti dell'articolo padre ai componenti per gli articoli fabbricati che non sono specificati come articoli MRP.

Nei suoi calcoli MRP non usa i tempi delle singole operazioni di tutti i sottocomponenti presenti nella distinta base, ma utilizza i tempi di consegna trovati nel modulo "Items". Tuttavia, esisterebbe la possibilità già descritta in precedenza, ossia il Lead Time Processor che potrebbe essere usato per calcolare automaticamente i tempi di consegna fissi e variabili dalle operazioni della distinta base.

L.M.A. s.r.l. utilizza, quindi, per la pianificazione dei fabbisogni i tempi di consegna che sono stati definiti dal proprio ufficio tecnico e inseriti nel modulo "Items" e non utilizza la funzione del Lead Time processor. Tale funzione è stata testata su alcuni part number e si è notato che i tempi indicati dal Lead Time processor coincidevano in linea generale con i tempi di consegna stabiliti dall'ufficio tecnico e messi nel modulo "Items".

Per quanto riguarda le informazioni relative alla distinta base, in Infor si trovano nel modulo "Current Operations". In tale modulo sono identificati i numeri dei sottocomponenti e le quantità unitarie richieste per la produzione o l'assemblaggio dell'item. Esso include inoltre tutte le informazioni rilevanti per la produzione di un articolo ed è possibile ricavare quanti livelli di sottocomponenti sono necessari per il completamento dell'item finale. Queste informazioni sono fondamentali per programmare la produzione dell'articolo finale e per far sì che i tempi pianificati siano corretti. L'accuratezza dei dati della distinta base, che corrisponde all'accuratezza nei dati del modulo Current Materials, è quindi essenziale per

il successo di MRP e per il successo della pianificazione, indipendentemente dalle metodologie utilizzate. In particolare, l'accuratezza dei codici di basso livello è fondamentale per eseguire MRP con successo.

5.4 Funzionamento MRP

MRP viene aggiornato ogni notte, ma può essere ovviamente aggiornato e rigenerato in tempo reale. L'attività di pianificazione MRP permette, infatti, di rigenerare un piano MRP. È possibile eseguire MRP nei seguenti due modalità:

- **Rigenerate:** questa modalità rimuove il piano esistente e ripianifica tutti gli articoli nel database.
- **Net change:** questa modalità pianifica solo gli articoli per i quali si ha completato qualche tipo di elaborazione che ha fatto sì che le informazioni MRP esistenti diventassero obsolete e portassero il sistema a ricalcolare i requisiti MRP.

MRP coordina la domanda e l'offerta e crea suggerimenti su quando rilasciare gli ordini ai fornitori e in officina. Le quantità pianificate da MRP per le richieste in sospeso partono ovviamente dalla domanda indipendente, come gli ordini dei clienti, le previsioni e la domanda dipendente. Su base giornaliera o settimanale è necessario poi che i program manager identifichino e convertano gli ordini pianificati (ordini di acquisto, ordini di lavoro, ordini di richiesta materiale in conto lavoro e così via) che devono essere rilasciati in modo da avere il prodotto quando è necessario.

I program manager utilizzano i suggerimenti di MRP che trovano in un modulo definito "Material Planner Workbench Generation", qui sono presenti tutti i suggerimenti di MRP relativi a ordini pianificati. Essi possono rivedere e modificare gli ordini pianificati sul Material Planner Workbench e decidere quali ordini di lavoro sono effettivamente necessari da lanciare. Qui i pianificatori possono modificare le date, cambiare le quantità di un OdL combinando più ordini insieme ecc...

Infine, l'ordine di lavoro, usando il Material Planner Workbench, va "lanciato", ossia va convertito un ordine da pianificato a confermato. Una volta confermato l'ordine, esso potrà

seguire tutto l'iter che servirà per farlo rilasciare dall'ufficio tecnico. L'ordine di lavoro una volta rilasciato genererà un ordine di produzione.

Occorre sempre considerare che MRP non tiene conto della capacità e della disponibilità delle risorse nei suoi piani. Se si vuole determinare come il piano MRP influisce sulla capacità è necessario utilizzare lo schedatore. Lo schedatore però tiene in considerazione solo gli ordini di lavoro rilasciati e non quelli confermati né tantomeno gli ordini pianificati.

5.5 Report MRP

Il sistema fornisce i seguenti moduli per visualizzare i livelli di inventario e gli output di MRP:

- Planning Summary
- Planning Detail
- Modulo Master Planning

Si usa il modulo Planning Summary per visualizzare tutti i requirement di un articolo per un periodo specificato (detto anche bucketed requirements), dopo aver eseguito MRP o il processore MPS. Questo modulo permette di visualizzare gli ordini totali e il fabbisogno necessario per i periodi specificati nel calendario dell'orizzonte di pianificazione.

Il modulo Planning Detail visualizza tutte le richieste giornaliere e le ricezioni di materiale usato durante l'MRP. Tale modulo è usato per visualizzare le singole transazioni create dopo aver eseguito (in gergo "lanciato") MRP. Questo modulo sarebbe da utilizzare anche con l'implementazione di APS.

Filtrando sul singolo part number, ossia su uno specifico item, il modulo Planning Detail indica il giorno in cui occorre lanciare un ordine di lavoro o il giorno in cui sarebbe necessario richiedere un PO per l'acquisto di materia prima necessaria per far partire la produzione di un determinato items. Questo modulo permette di verificare tutti gli ordini pianificati prima di confermarli.

La visualizzazione è raggruppata per mostrare tutti i record di pianificazione relativi a un dato articolo. Vi sono pertanto record riguardanti il saldo dell'articolo a disposizione e i lavori, sotto-lavori, ordini, ecc. per quell'articolo. Alcuni record includono un messaggio di eccezione che avverte dell'azione da intraprendere per gestire eventuali ammanchi o ritardi.

I report e le informazioni che da MRP per ogni singolo part number sono:

- livello di on hand attuale presente in magazzino;
- livello di Projected on hand inventory;
- ordini pianificati (PLN);
- messaggi di eccezione;
- release date pianificate nel passato

Per esempio, quando la quantità a disposizione di un certo item o di un certo materiale scende in maniera tale da non riuscire a soddisfare la domanda nell'orizzonte futuro osservato o scende al di sotto delle scorte di sicurezza, quando quest'ultima è prevista, MRP genererà un PLN e un messaggio di eccezione che appaiono entrambi nel modulo "Planning Detail". Quando la ricezione di un materiale o la produzione di un item non è più necessaria o deve essere spostata in entrata o in uscita in tempo, MRP creerà un messaggio di eccezione sullo stesso modulo (indicato con le diciture move in e move out).

Questi messaggi sono ovviamente dei suggerimenti, spetta al pianificatore prendere l'azione appropriata. MRP suggerisce, ma non esegue autonomamente movimenti operativi e non risolve autonomamente problemi.

I messaggi di eccezione sono riportati nel modulo "Planning Detail", ma possono essere visualizzati anche in altri moduli presenti nel sistema informativo Infor. Ad esempio, i suggerimenti e i messaggi di eccezione possono essere visualizzati anche nel modulo "Material Planner Workbench" come già detto in precedenza, oppure nel Rapporto eccezioni.

Inoltre, MRP ignora la data corrente quando esegue la pianificazione a ritroso. Quindi è possibile che MRP crei una PLN nel passato, ossia che indichi una data di rilascio dell'ordine di lavoro o una data di richiesta acquisto materiale nel passato. La pianificazione nel passato è una delle maggiori criticità di MRP, essa verrebbe risolta da APS che non solo non indica date di lancio ordini da eseguire nel passato ma a partire dalla data corrente indica una projected date posticipata per il completamento dell'ordine di lavoro.

5.6 Gestione del magazzino MRP

MRP calcola la quantità di on hand inventory all'inizio del processo come segue:

MRP on hand inventory = (totale on hand nelle ubicazioni al netto dei magazzini non dedicati all'inventario) - (qtà riservata per gli ordini già arrivati dai clienti)

MRP e il processore MPS non distinguono tra i magazzini nei loro calcoli. Tutti i magazzini, tutte le scorte, l'offerta e la domanda sono trattati come se fossero in una posizione centrale. Inoltre, gli ordini di trasferimento non vengono creati per spostare materiale tra i magazzini di un sito.

Tuttavia, in certe situazioni, un'azienda potrebbe tenere pezzi di ricambio vicino alle sedi dei suoi clienti e vuole che queste scorte siano usate esclusivamente per i bisogni a breve termine dei clienti vicini a quel magazzino. In queste situazioni, non si vuole che la pianificazione consideri le forniture o le richieste in quel magazzino remoto o in luoghi specifici. Il sistema supporta questa funzionalità permettendo di contrassegnare un magazzino come magazzino dedicato all'inventario o utilizzare posizioni di magazzino non azzerabili. Infor permette di trattare anche la pianificazione del magazzino dedicato. Quando si utilizza un magazzino come inventory dedicato, MRP non include l'offerta o la domanda di questo magazzino nella pianificazione.

Questo comporta che per i magazzini dedicati:

- Non si ricevono PLN o messaggi di eccezione per questo magazzino;
- I moduli Planning Detail e Planning Summary non riflettono l'attività della domanda e dell'offerta in quel magazzino;
- Il messaggio di eccezione Initial On-Hand Quantity Negative che appare sul modulo Planning Detail e sul rapporto delle eccezioni non considera l'inventario presso i magazzini dedicati all'inventario;

L.M.A. s.r.l. al momento non sfrutta questa possibilità dei magazzini dedicati, quindi, tutto il materiale di proprietà o in conto lavoro viene indicato come on hand e con ubicazione in sede. È possibile, tuttavia, verificare se un materiale è effettivamente presente nei magazzini L.M.A. s.r.l. o se è da aziende esterne per effettuare lavorazioni tramite il modulo "Item Stockroom Location".

5.7 Lo schedulatore

Lo Schedulatore calcola le date e gli orari per lavorare su un sottoinsieme di ordini esistenti, ossia quegli ordini di produzione che devono essere completati nell'orizzonte temporale considerato. È possibile eseguire la pianificazione su qualsiasi orizzonte: un turno, giorno, settimana, mese, ecc. L.M.A. s.r.l. ha scelto di utilizzare come orizzonte temporale una settimana, visto soprattutto i lunghi tempi di lavorazione che devono svolgere le risorse per completare un'operazione.

Lo schedulatore regola gli orari di inizio e fine delle operazioni, suggerisce sequenze di operazioni e riporta i cambiamenti nei livelli di inventario. Genera anche informazioni di riepilogo (come le prestazioni del lavoro) che vengono visualizzate in rapporti e grafici (dispach list).

Lo schedulatore elabora operazioni individuali in base ai setup time, al run time e move time e al finish time per qualsiasi lavoro rilasciato entro l'orizzonte temporale definito.

Lo schedulatore programma:

- Ordini pianificati generati da MRP o APS
- Firm job (gli ordini confermati lanciati dai pianificatori)
- Ordini di lavoro pianificati e non ancora lanciati
- Stime di lavori
- Pianificazioni di produzione (production schedules)

Una volta che il pianificatore ha lanciato un job ed è stato rilasciato significa che è stata autorizzata la produzione di una quantità di un item per un livello di una distinta base. Lo schedulatore vincola la pianificazione solo sugli articoli che devono andare in produzione. È compito di MRP pianificare tutti i materiali componenti che sono stati assegnati al macchinato o all'assemblato e del pianificatore verificare che tali fabbisogni siano effettivamente presenti in azienda. Lo schedulatore definisce il percorso che dovrà eseguire l'ordine di lavoro, ossia identifica dove e quali risorse eseguiranno in concreto la sequenza di operazioni di lavoro che devono essere completate per produrre l'articolo. Sostanzialmente, quindi, lo schedulatore non ha nessun vincolo riguardante la possibilità che il materiale per poter avviare la produzione sia effettivamente presente in magazzino, questo, infatti, è responsabilità solo di MRP e pianificatore. Il fatto che schedulatore e MRP non siano integrati è uno dei grossi problemi che ha la pianificazione mediante MRP + schedulatore, di conseguenza è un problema per la pianificazione di L.M.A. s.r.l. che usa questa modalità.

In questo momento non solo vi è la possibilità di schedulare job che non possono partire per mancanza di materia prima ma non sono neanche presenti integrazioni riguardanti eventuali arrivi posticipati.

È fondamentale infine definire i concetti di gruppo risorsa, risorsa e work center. Ogni operazione specifica uno o più gruppi di risorse, cioè una lista di risorse simili. Una risorsa è un'entità, come personale, macchina o attrezzatura, che può eseguire l'operazione. Lo schedulatore assegna, per ogni operazione, almeno un gruppo di risorse. Durante la

programmazione, il sistema seleziona una o più risorse dal gruppo, a seconda della disponibilità di ogni risorsa e delle regole che definite, per eseguire l'operazione.

I work center invece raccolgono tutte le informazioni sui costi dalle attività di pianificazione, tali informazioni sono necessarie per la contabilizzazione dei costi, ma non influenzano direttamente la pianificazione.

5.8 Funzionamento dello schedatore

Per ottenere il miglior utilizzo delle risorse, lo schedatore pianifica i lavori in avanti nel tempo, iniziando dalla data corrente e pianificando fino alla fine dell'ultima operazione dell'ultimo lavoro. Lo schedatore non può essere usato per programmare all'indietro. In sostanza, lo schedatore non può essere configurato per iniziare dall'ultima operazione e lavorare all'indietro nel tempo fino a raggiungere la prima operazione. Questa è una differenza sostanziale rispetto a MRP, come detto in precedenza, infatti, MRP pianifica al più tardi, ossia a ritroso a partire dalla end date.

Solo con l'implementazione di APS si può arrivare ad una schedulazione a ritroso, popolando i moduli di output della programmazione e i rapporti con i dati generati dall'esecuzione della pianificazione che verrà vista in seguito.

Lo schedatore funziona eseguendo una simulazione di tutti gli "eventi" che accadono durante il processo di una domanda che si muove attraverso le sue fasi di produzione. Per esempio, la risorsa che inizia un'operazione è un evento, seguito da un altro evento per il completamento dell'operazione.

Per ogni domanda che viene programmata, lo schedatore mette la quantità in un'unità chiamata carico. Il carico segue il percorso dell'item. Quando un carico arriva ad un'operazione, ossia l'operazione precedente in distinta è stata completata e spuntata, passa attraverso questo step di elaborazione, a seconda delle risorse, delle regole e del tempo dell'operazione che sono stati definiti.

Gli step possono essere riassunti in questi passaggi:

- 1) **Process move time:** il carico si sposta dalla sua operazione precedente (se presente) all'operazione corrente.
- 2) **Allocazione delle risorse per elaborazione del carico:** si definiscono le regole di assegnazione per controllare come lo schedulatore assegna le risorse. Se la regola di assegnazione può essere soddisfatta, l'elaborazione dell'operazione continua. In caso contrario, lo schedulatore interrompe l'elaborazione dell'operazione ed essa attende che la risorsa necessaria diventi disponibile. Quindi tenta l'assegnazione ogni volta che una risorsa necessaria/richiesta diventa disponibile.
- 3) **Impostazione ed esecuzione del processo:** lo schedulatore applica al carico tutte le ore di setup e di esecuzione necessarie per completare l'operazione. Se l'operazione utilizza il Fixed Schedule Hours, lo schedulatore usa il valore fisso e ignora le ore di setup e ore di esecuzione.
- 4) **Assegnazione delle risorse libere al carico in questa operazione.**
- 5) **Assegnazione Tempo di fine processo:** lo schedulatore applica al carico tutte le ore di fine operazione.
- 6) **Fine elaborazione:** al termine dell'elaborazione dell'operazione, il carico si sposta all'operazione successiva nel percorso. Il processo continua fino a raggiungere l'ultima operazione dell'ultimo lavoro.

In un'azienda di medie dimensioni come L.M.A s.r.l. ovviamente possono arrivare alla stessa risorsa più item per completare una operazione. Gli item competono, quindi, per l'uso delle risorse. Ogni risorsa ha la propria coda di richiesta che contiene le richieste in sospeso dei carichi. Durante l'elaborazione delle operazioni, se lo schedulatore non può assegnare un membro di un gruppo di risorse richiesto ad un carico, inserisce una richiesta in una coda per ogni membro del gruppo di risorse.

Lo schedulatore prevede una Sequencing Rule che determina la sequenza in cui le richieste sono ordinate nella coda. Quando una risorsa in quel gruppo è libera, lo schedulatore le assegna il carico in attesa e rimuove le richieste di quel carico dalle altre risorse. Se ci sono più richieste nella coda della risorsa, lo schedulatore usa delle regole di selezione della risorsa per determinare quale richiesta assegnare per prima. Se il carico richiede più risorse

dal gruppo, lo schedulatore non alloca alcuna risorsa al carico finché il numero richiesto di risorse da quel gruppo non è disponibile.

Sostanzialmente lo schedulatore usa tre tipi di regole per assegnare le risorse che devono lavorare su un'operazione:

- **Regola di sequenziamento:** mette in sequenza le richieste che sono in attesa nella coda di una risorsa. Per come è strutturato il flusso di produzione e vendita di L.M.A. s.r.l. si ritiene fondamentale utilizzare come regola per calcolare la priorità di un job l'essere sequenziato con la regola del Global Priority Setting. Quest'ultima prevede di calcolare per ogni job il Critical Ratio, ossia il rapporto tra l'end date e il process time rimanente per il completamento del job order. Quindi ad ogni job lo schedulatore assegna una priorità. L.M.A. s.r.l. ha previsto inoltre la possibilità per i pianificatori di forzare la priorità e assegnarne una manualmente. La regola è che un job relativo a un macchinato che andrà poi su un assemblato da completare e fatturare nel mese corrente ha una priorità 96, un job relativo ad un macchinato end items o un assieme finale da fatturare nel mese corrente ha una priorità di 97, quelli relativi a macchinati non end item e assemblati o macchinati finali da fatturare nel mese corrente + 1 hanno rispettivamente priorità 98 e 99. Esistono poi le priorità 95 e 94 per i job relativi a macchinazioni e assemblaggi da fare che devono essere svolti in maniera ancora più urgente. Più è bassa la priorità e più lo schedulatore sequenzia i job prima, ossia assegna a questi la precedenza nell'assegnazione delle risorse.

- **Regola di selezione:** controlla come la risorsa seleziona la prossima richiesta in attesa dalla coda. Le regole di selezione creano un ranking dei carichi che devono essere schedulati da una risorsa. Le regole di selezione implementabili sono molteplici.

When this Rule is Selected...	This Request is Considered First
Sequencing Rule	(No selection rule; use the Sequence Rule . This is the default selection rule.)
Dynamic Sequencing Rule	Use the Sequence Rule dynamically. The request queue is resorted based on the sequencing rule every time the resource removes a request from the queue. This rule works only with the sequencing rules that are based on dynamic and static slack. Static slack is the remaining time to due date. Dynamic slack is the remaining time to due date minus the remaining processing time.
Minimum Setup Time	The request for the load that minimizes the setup time for the next operation in the routing.
Reserve for Job	Requests for loads from the same job the machine is currently set up for, if any such loads exist. If none exist, the Sequence Rule is applied dynamically and the entire list is considered.
First Load	Only the first request ranked by the Sequence Rule . If the first load cannot allocate the resource, do not try the next load in the queue.
Dynamic First Load	Only the first request, applying the Sequence Rule dynamically. If the first load cannot allocate the resource, do not try the next load in the queue. This rule works only with the sequencing rules that are based on dynamic and static slack.
Minimum Setup First Load	Only the first request, applying minimum setup. If the first load cannot allocate the resource, do not try the next load in the queue.
First N Loads	Only the first n requests, where n is specified in Selection Value .
Dynamic First N Loads	Only the first n requests, applying the Sequence Rule dynamically, where n is specified in Selection Value .
Minimum Setup First N Loads	Only the first n requests, applying minimum setup, where n is specified in Selection Value .
Threshold	Apply the Sequence Rule dynamically, and only consider requests with values less than or equal to Selection Value . Note: If the Sequence Rule for the request queue is a "high to low" value type rule (for example, Large Load, High Priority, etc.), consider only requests with values greater than Selection Value.
Tiered Selection Rule	The request is based on the tiered rule selections. The default selection is Sequence Rule .
Priority/Slack/Minimum Setup	The request with the highest load priority. If tied, select the request with the smallest critical dynamic slack. Dynamic slack is critical if it is less than the threshold specified for the resource in Selection Value. If tied, select the request with minimum downstream setup.
Changeover Volume Loads/Minimum Setup	After allocating n loads under the same setup, select the non-zero setup time request. If there are no non-zero setup time requests, zero setup time requests will be selected until the next non-zero setup time load arrives with minimum downstream setup, where n is specified in Selection Value.
Changeover Volume Loads/Longest Wait	After allocating n loads under the same setup, select the non-zero setup time request with the longest waiting time, where n is specified in Selection Value .
Changeover Volume Parts/Minimum Setup	After processing n parts under the same setup, select the non-zero setup time request with minimum downstream setup, where n is specified in Selection Value . If there are no non-zero setup time requests, zero setup time requests will be selected until the next non-zero setup time load arrives.
Changeover Volume Parts/Longest Wait	After processing n parts under the same setup, select the non-zero setup time request with the longest waiting time, where n is specified in Selection Value .
Changeover Processing Time/Minimum Setup	After spending n hours in processing loads under the same setup, where n is specified in Selection Value , select the non-zero setup time request with minimum downstream setup time. Note: Processing time does not include the setup time incurred for the first load.
Changeover Processing Time/Longest Wait	After spending n hours in processing loads under the same setup, where n is specified in Selection Value , select the non-zero setup time request that has been waiting the longest. Note: Processing time does not include the setup time incurred for the first load.
Changeover Elapsed Time/Minimum Setup	After n hours have elapsed under the same setup, where n is specified in Selection Value , select the non-zero setup time request with minimum downstream setup time. Note: Processing time does not include the setup time incurred for the first load.
Changeover Elapsed Time/Longest Wait	After n hours have elapsed under the same setup, where n is specified in Selection Value , select the non-zero setup time request that has been waiting the longest. Note: Processing time does not include the setup time incurred for the first load.
Interrupted/Dynamic Sequencing	Use the sequencing rule dynamically, but put requests for interrupted loads at the front of the request queue. Furthermore, if an interrupted load was being processed by the "selecting" resource, its request is placed at the very front of the queue.
Charge Processing	The request for jobs that consume the Charge material.
User Defined (23-39)	See Writing a Custom Scheduler Rule for more information about creating user-defined rules.

Figura 5.01 Elenco regole di selezione implementabili nell’algoritmo dello schedulatore

Per ottimizzare l’algoritmo si ritiene che la scelta migliore sia l’utilizzo delle “3 Tiered Selection Rule”, in quanto tale possibilità permette di avere 3 regole per la selezione che permettono di avere un algoritmo sicuramente più strutturato.

Le regole tiered che possono essere attuate sono le seguenti:

Rule
Adjusted Dynamic Slack
Changeover Elapsed Time/Longest Wait
Changeover Elapsed Time/Minimum Setup
Changeover Processing Time/Minimum Setup
Changeover Processing Time/Longest Wait
Changeover Volume Loads/Minimum Setup
Changeover Volume Loads/Longest Wait
Changeover Volume Parts/Minimum Setup
Changeover Volume Parts/Longest Wait
Earliest Job Due Date
Earliest Job Release Date
First In First Out
High to Low Load Priority
LADS/Remaining Operations (Least Average Dynamic Slack Per Remaining Operations)
LADS/Remaining Processing Time (Least Average Dynamic Slack Per Remaining Processing Time)
Large Load
LASS/Remaining Operations (Least Average Static Slack Per Remaining Operations)
LASS/Remaining Processing Time (Least Average Static Slack Per Remaining Processing Time)
Last In First Out
Least Dynamic Slack
Least Est. Remaining Process Time
Least Number of Remaining Operations
Least Static Slack
Longest Time for Any Subseq. Operation
Longest Time for Current Operation
Low to High Load Priority
Minimum Setup
Reserve for Job
Sequencing Rule
Shortest Time for Current Operation
Small Load
User Defined Sequencing Rule 24

Figura 5.02 Elenco regole tiered

Come prima regola tiered si ritiene fondamentale utilizzare la global priority setting (ossia più alto valore di priorità del job). In questo modo la regola di selezione fa sì che i carichi su una risorsa vengano ordinati in base alla priorità. A parità di priorità interviene la seconda regola di selezione e a parità anche di questa vi è la terza regola tiered. Come si vedrà in seguito è possibile modificare le regole di selezione e sequenziamento per ogni risorsa. Nel proseguimento della tesi si riterrà opportuno applicare regole diverse a seconda della tipologia di risorsa, ossia se risorsa uomo o risorsa macchina.

- **Regola di allocazione:** controlla come lo schedulatore alloca una risorsa da un gruppo di risorse da assegnare ad un carico.

Le regole di allocazione sono le seguenti:

Cyclic	Select the resources cyclically starting with the next resource listed after the previously selected one.
Least Mean Utilization	The resource that has the least mean utilization. The calculation of utilization is based on the Summary Data field being selected on the resource record; if Summary Data is not selected on the resource or on the resource group, the Allocation Rule defaults to Select in Sequence (because the Scheduler did not collect utilization summaries and assumes utilization of 0 for all resources).
Longest Idle	The resource that has had the longest continuous idle period prior to this request.
Minimum Setup Time	The resource that has the minimum setup time for the first downstream operation.
Random Selection	Randomly select the resource.
Reserved for Job	The resource that is reserved for this job. If the required number is not available, available resources are chosen based on least current utilization.
Select in Sequence (Default Rule)	The required number of resources, searching in the sequence in which the resource members are listed in the group definition.
8-39: User Defined	See Writing a Custom Scheduler Rule for more information about creating user-defined rules.
Reserved for Job/Operation No Reallocation	The resource that is reserved for this job, at this operation. When the resource group becomes unavailable, due to shift, the job being processed is not reallocated to another resource in the group. If the required number is not available, available resources are chosen based on the sequence (see the Select in Sequence rule).
Reserved for Job/Operation With Reallocation	The resource that is reserved for this job, at this operation. When the resource group becomes unavailable, due to shift, the job being processed may be reallocated to another resource in the group. If the required number is not available, available resources are chosen based on the sequence (see the Select in Sequence rule).

Figura 5.03 Elenco regole di allocazione

La regola di default è “Select in Sequence”. In base ad essa la risorsa elencata per prima in un gruppo risorse viene selezionata per prima, se essa è occupata si procede alla seconda risorsa elencata e così via. Si definisce questa regola per ogni gruppo di risorse nel modulo Resource Groups. Occorre considerare anche qua che mentre l’allocazione di una risorsa all’interno di un gruppo non è rilevante per una risorsa uomo, ossia ad esempio è indifferente la pianificazione di un collaudatore rispetto ad un altro per lo svolgimento di un’operazione, diventa molto più rilevante l’allocazione di una risorsa quando essa è di tipo macchina.

Quando un carico arriva ad un'operazione, lo schedulatore richiede tutte le risorse necessarie nel gruppo di risorse richiesto, costringendo ciascuno a controllare la sua coda di richieste solo dopo che tutti i carichi programmati allo stesso tempo sono arrivati. Questo impedisce che un carico non prioritario si assegni una risorsa perché arriva quando tale risorsa è disponibile.

Inoltre, è rilevante considerare che per default, lo schedulatore considera una risorsa come disponibile per il lavoro 24 ore al giorno, sette giorni alla settimana. Occorre ovviamente raffinare la disponibilità delle risorse secondo i turni e gli orari di lavoro della struttura. Sono quindi stati definiti turni, ossia i periodi di tempo nei quali la risorsa è disponibile, eccezioni di turno, cioè quando le risorse assegnate hanno periodi di inattività o fanno straordinari all'interno di un turno ed infine le ferie, ossia i tempi morti per tutte le risorse che sono assegnate a un qualsiasi turno.

Lo schedulatore fornisce una serie di output e rapporti che permettono di analizzare l'elaborazione della pianificazione e determinare le cause di colli di bottiglia, ritardi, utilizzo inconsistente, ecc.

Lo schedulatore e APS calcolano la durata di un'operazione considerando il tempo di setup, run time, move time e finish time. Il run time è il tempo di esecuzione per una la fase di lavorazione. Il tempo di esecuzione inizia dopo gli eventi e i relativi tempi di fine operazione della fase precedente e il completamento del tempo di spostamento dall'operazione precedente all'operazione corrente ed il tempo di setup. MRP non considera questi tempi, li considererebbe indirettamente attraverso i calcoli del lead time del Lead Time processor.

L'operazione può richiedere risorse dai gruppi di risorse Labor, Machine e Altro (per esempio, attrezzature). Se un'operazione specifica più gruppi di risorse, l'operazione deve specificare lo Schedule driver. Lo Schedule driver determina se usare le ore di lavoro o di macchina per guidare la pianificazione. Se i gruppi di risorse sono tutti dello stesso tipo, le ore di lavoro per tutti i gruppi di risorse richiesti guidano il piano e la pianificazione.

Per determinare come pianificare o programmare l'operazione, il sistema:

- 1) Divide il valore delle ore per pezzo necessarie per la lavorazione per il numero di risorse richieste dal gruppo di risorse dal tipo di Scheduler Driver.
- 2) Moltiplica il risultato per l'efficienza della risorsa e mette il valore nel campo "Run duration".
- 3) Applica la "Run duration" a tutte le risorse richieste.

Se l'opzione Use Fixed Schedule dell'operazione è selezionata, il sistema applica, invece, le Fixed Sched Hours e non divide le ore per il numero di risorse. L.M.A. s.r.l. adopera l'opzione Use Fixed Hours per le lavorazioni che vengono svolte esternamente. Inoltre, in questo momento, non considera i finish time e i move time, con l'unica eccezione che può riguardare i tempi di trasporto per i materiali che rientrano da lavorazioni fatte presso aziende esterne. In quest'ultimo caso è stato considerato opportuno applicare un valore di move time di 36 ore e pertanto lo schedulatore inizia la pianificazione per l'operazione successiva al rientro del materiale 36 ore dopo la data prevista di due date data al fornitore per la lavorazione.

CAPITOLO 6: SHOULD BE

Questo capitolo ha come obiettivo quello di analizzare le criticità presenti attualmente nella pianificazione e di proporre un'ottimizzazione del modello. Il capitolo si sofferma in particolare sulla pianificazione di terzo livello delle risorse e sui problemi che impediscono una sua corretta implementazione. Tale capitolo tratta anche altri problemi della pianificazione attuale non direttamente riferibili alla schedulazione e propone soluzioni attuabili dal sistema gestionale, ma non ancora utilizzate dall'azienda. Lo studio punta a far emergere possibili campi del sistema gestionale Infor facilmente implementabili e non ancora sfruttati, ma utili per un'ottimizzazione della pianificazione. Lampante è l'esempio di non utilizzo di scorte di sicurezza e punto di riordino per materiali e componenti che lo richiederebbero. Il capitolo prevede un iniziale studio relativo all'introduzione di scorte di sicurezza per componenti e materiali standard di acquisto per l'assieme della Front Spar. Prosegue poi con l'avvio del processo di pianificazione delle risorse "Labor" e delle risorse "Machine".

6.1 Flusso ideale

In definitiva l'intero processo, dall'arrivo dell'ordine all'inizio produzione, può essere riassunto in questa figura:

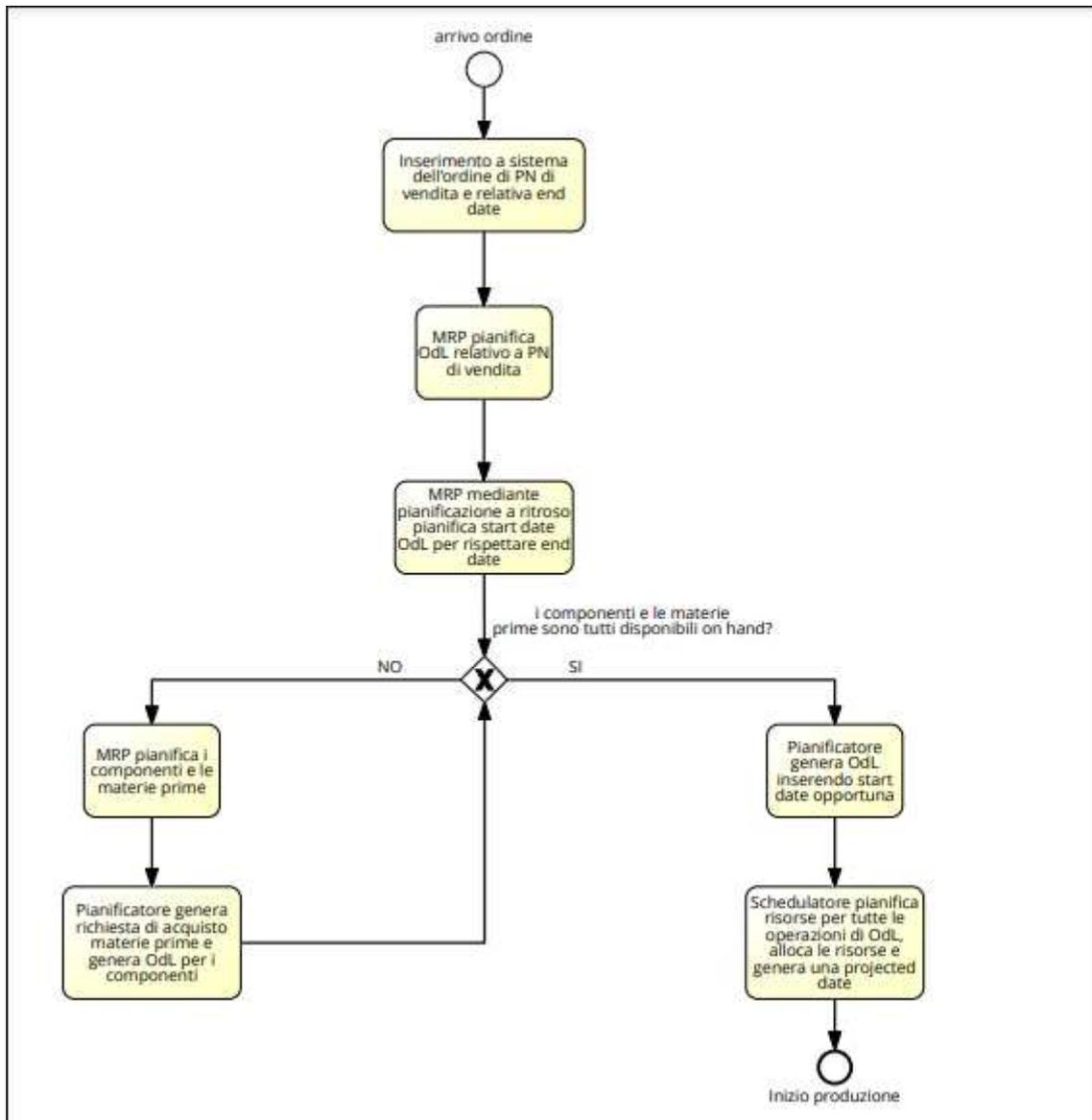


Figura 6.01 flusso ottimale di pianificazioni

6.2 Criticità pianificazione dei componenti

Come mostrato in figura 6.01 MRP pianifica tutti i componenti necessari per la macchina o l'assemblaggio dell'item finale destinato alla vendita. Tra i componenti vi sono però spesso spessori, sigillanti, prodotti chimici e piccoli macchinati come ad esempio le

rondelle che non possono per motivi di economie di scala, tempi, costi di spedizione ecc essere acquistati e prodotti ogni volta, seguendo una pianificazione make to order, per soddisfare una singola produzione o un singolo lotto.

La soluzione proposta dalla seguente tesi, per l'utilizzo di questi componenti e materiali, è stata l'introduzione di scorte di sicurezza e punto di riordino. Per la definizione del punto di riordino si è seguito il modello DDMRP, andando a definire le tre zone: zona verde, zona gialla e zona rossa.

L'obiettivo è quello di evitare fermi lavorazione causa mancanza di questi piccoli materiali o componenti diminuendo gli errori di pianificazione, riducendo le scorte a magazzino, evitando extracosti per spedizioni non standard e abbreviando i tempi di pianificazione in quanto il pianificatore non dovrà far nulla se non lanciare l'ordine di produzione o la richiesta di acquisto una volta ricevuto l'alert che segnala la disponibilità del materiale in magazzino sotto il punto di riordino.

In questa tesi è stato analizzato il caso dell'item avente codice 2WSH53001-0007 ossia di un'assieme Front Spar.

Questa è la distinta base di un'assieme front spar:

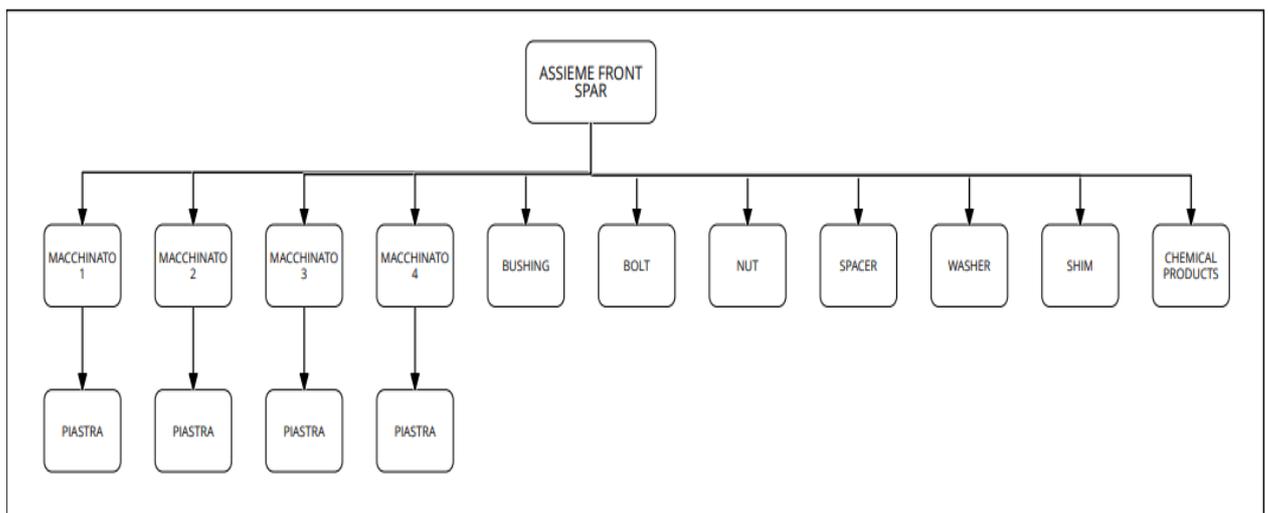


Figura 6.02 distinta base assieme Front Spar

Come è facilmente intuibile il pianificatore non può controllare tutti i componenti che formano l'assieme ma si limiterà a pianificare al meglio i macchinati principali e i componenti più critici.

In questo caso, per l'assieme Front Spar, si seguirà una pianificazione make to order per i 4 macchinati, mentre per gli altri componenti si è provato ad utilizzare un altro tipo di pianificazione.

L.M.A. s.r.l. non prevedeva l'utilizzo di scorte di scorte di sicurezza per la pianificazione dei componenti della Front Spar, in generale non prevedeva scorte di sicurezza per nessun componente.

Come riportato nella figura sottostante, nonostante fossero previsti da Infor, né il campo di scorta di sicurezza né il campo di punto di riordino erano implementati dall'azienda.

Item: NAS77A4-019A
* BUSHING
 Nota Inserita Richiesta FAI

Main General Planning **Additional Planning** Controls LMA - Test Controlli Sales Overview Item Cat: Altro ▾

Rules

Supply Usage Tolerance: 0.0
Time Fence Rule: Lead Time
Time Fence Value: 0 Days
Pull-Up SS Rule: No Pull-Up
Pull-Up SS Value: 0 Days
Setup Group: ▾

Flags

MRP Item
 Infinite
 Planned Mfg Supply Switching
 Accept Requirements
 Pass Requirements
 Must use future POs before creating PLNs
 Forecast BOM Supply Flag
 Charge Item

Quantities

Order Minimum: 0.000
Order Multiple: 0.000
Order Maximum: 0.000
Days Supply: 30
Safety Stock: 0.000

Reorder Point

Use Reorder Point
Reorder Point: 0.000
Fixed Order Qty: 0.000

Dates

Earliest Planned Purchase Receipt: ▾
Targeted Safety Stock Replenishment: ▾

Soglie LMA

Scorta di Sicurezza MRP: 0.000
Consumo Medio MRP: 0.000

Figura 6.03 Campi in Additional Planning di anagrafica "items" del codice NAS77A4-019

Come si nota in figura il campo di "Safety Stock" non ha alcun valore, ossia non è presente alcuna scorta di sicurezza per tale componente, inoltre non è spuntato il campo "Use Reorder Point" e di conseguenza non è definita una quantità nel "Reorder Point".

I componenti quali rondelle e altri piccoli materiali difficilmente possono seguire un modello di pianificazione make to order, ma spesso vengono acquistati o prodotti a grandi quantità una volta che arrivano a 0 in magazzino senza una pianificazione di lungo periodo di quest'ultimi. L'idea è quindi di non avere a magazzino quantitativi esagerati né quella di richiedere l'acquisto ad ogni lancio ordine. Si vuole trovare una soluzione che eviti stockout e stop work in produzione. L'obiettivo è quindi quello di introdurre buffer intermedi per acquisti standard e piccoli macchinati.

L'introduzione di buffer prevede la creazione di tre zone aventi differenti dimensionamento e funzioni:

- Green zone, ossia un'area dimensionata al fine di coprire il consumo di pezzi in base al consumo mensile
- Yellow zone, ossia un'area dimensionata in base al consumo di materiale durante il lead time di trasporto
- Red zone, ossia un'area dimensionata in base alla variabilità e alla fluttuazione della domanda

L'analisi si focalizza quindi sull'introduzione di buffer intermedi per materiali quali bushing, bolt, washer, nut e spacer. Tali materiali hanno costi bassi di acquisto o produzione rispetto ai 4 macchinati, ma non averli a disposizione durante l'assemblaggio dell'item finale comporta comunque uno stop work.

In riferimento al caso della Front Spar analizzato è stata considerata l'ipotesi di introdurre scorte di sicurezza e punto di riordino per questi componenti:

- Codice NAS1149D0816K, washer (rondelle)
- Codice NAS77A4-019, bushing (boccole)
- Codice NAS77A4-031, bushing (boccole)
- Codice NAS6803U5, bolt (bulloni)
- Codice JSFM07A10CJ11, spacer (distanziatori)
- Codice JSFN02E6, nut (dadi)

I componenti presi in considerazione in questo caso sono tutti dei materiali acquistati da L.M.A. s.r.l. e sono componenti standard. Hanno tutti un'elevata movimentazione e lead time di approvvigionamento relativamente lunghi, motivo per il quale si è deciso di procedere all'analisi utilizzando un'aggregazione dei dati su base mensile.

Dal modulo "Material Transaction" è stato possibile estrarre i dati per le analisi. Il periodo considerato per estrarre la base dati è stato dal 01/01/2020 al 31/12/2021.

Non sono stati volutamente considerati eventuali errori e rettifiche inventariali nella contabilizzazione delle transazioni per elaborare la base dati al fine di evitare che sporadici outlier generassero significative distorsioni.

L'analisi si focalizza su diversi materiali. Il primo a essere preso in considerazione è il codice item NAS1149D0816K, ossia il washer. Esso ha un lead time di consegna di 1 mese. In totale, nel periodo considerato, le transazioni di arrivo materiale e utilizzo materiale NAS1149D0816K sono state 482.

Aggregando i dati di utilizzo mensile si è arrivati a definire questa tabella:

Mese	Somma di Quantity
2020	-13736
gen	-1836
feb	-1496
mar	-952
apr	-816

mag	-1428
giu	-952
lug	-1292
ago	-476
set	-816
ott	-1292
nov	-952
dic	-1428
2021	-11440
<hr/>	
gen	-418
feb	-972
mar	-1102
apr	-1360
mag	-884
giu	-340
lug	-972
ago	-136
set	-1224
ott	-1632
nov	-1156
dic	-1244
Totale complessivo	-25176

Tabella 6.1 Consumo mensile di NAS1149D0816K in periodo da gen-2020 a dic-21

Da questa tabella si ricava, facendo la sommatoria, un consumo totale nei due anni di 25176 pezzi.

Il consumo mensile è pertanto di 1049 pezzi/mese.

La deviazione standard è 407 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.3880, quindi rientra nel range di bassa variabilità.

Per calcolare la Green zone è stata utilizzata questa formula:

$$GZ = \text{Lead Time Factor} * \text{Consumo medio mensile} * \text{DLT (in mesi)}$$

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 1049 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 210 \text{ pezzi}$$

Per calcolare la Yellow zone è stata utilizzata la seguente formula:

$$YZ = \text{Consumo medio mensile} * \text{DLT (in mesi)}$$

$$YZ = 1049 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 1049$$

La Red Zone è la somma di due parti: Red Base e Red Safety.

$$\text{Red Base} = \text{Lead Time Factor} * \text{Consumo medio mensile} * \text{DLT (in mesi)}$$

$$\text{Red Safety} = \text{Red Base} * \text{Variability Factor}$$

Essendo il valore del coefficiente di variabilità 0.3880, esso rientra nella categoria “low variability”, ossia relativo ad una bassa distorsione dalla media mensile e quindi occorre applicare un Variability Factor di 0.30.

Pertanto, la Red zone è così composta:

$$\text{Red Base} = 0.20 * 1049 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 210 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Safety} = 210 \text{ pezzi} * 0.30 = 63$$

$$\text{La Red Zone} = 210 + 63 = 273$$

In definitiva il buffer teorico massimo, project on hand, è il seguente:

$$\text{Buffer teorico massimo} = \text{Red Zone} + \text{Yellow Zone} + \text{Green Zone} = 273 + 1049 + 210 = 1532$$

La Red Zone costituisce la safety stock da inserire a sistema.

Il punto di riordino viene fatto al valore Top of the Yellow, ossia al valore corrispondente alla somma di Red Zone e Yellow Zone.

$$\text{Punto di Riordino} = \text{Red Zone} + \text{Yellow Zone}$$

$$\text{Punto di Riordino} = 1049 + 273 = 1322$$

$$\text{Quantità ordinata} = \text{quantità Yellow zone} + \text{quantità Green Zone}$$

$$\text{Quantità ordinata} = 1049 + 210 = 1259$$

Quindi nell'anagrafica "items" al codice NAS1149D0816K deve essere inserita come "safety stock" il valore di 273, va spuntato il campo "Use Reorder Point" e inserito nel campo "Reorder Point" il valore 1322.

Stesso procedimento è stato ripetuto per gli altri materiali e componenti in cui si è ritenuta necessaria l'introduzione del punto di riordino e safety stock.

Il secondo materiale preso in considerazione è stato il materiale di tipo bushing con codice NAS77A4-019A ed è stato aggregato su base mensile il consumo di questo componente.

Mese	Somma di Quantity
2020	-400
gen	-46
feb	-30
mar	-30
apr	-32
mag	-40

giu	-30
lug	-38
ago	-10
set	-16
ott	-10
nov	-70
dic	-48
2021	-346
<hr/>	
gen	-24
feb	-22
mar	-40
apr	-30
mag	-36
giu	-8
lug	-16
ago	-14
set	-32
ott	-56
nov	-28
dic	-40
Totale complessivo	-746

Tabella 6.2 consumo medio mensile di codice NAS77A4-019

Da questa tabella si ricava, facendo la sommatoria, un consumo totale nei due anni di 746 pezzi.

Il consumo mensile è pertanto di 31 pezzi/mese.

La deviazione standard è 14.82 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.4780, quindi rientra nel range di media variabilità (0.41-0.61).

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

Il lead time di approvvigionamento di NAS77A4-019 è di 1 mese.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 7 \text{ pezzi}$$

$$YZ = 31 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 31$$

Essendo il valore del coefficiente di variabilità 0.4780, esso rientra nella categoria “medium variability” e quindi è applicato un Variability Factor di 0.41. la Red zone è così composta:

$$\text{Red Base} = 0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 7 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Safety} = 7 \text{ pezzi} * 0.41 = 3 \text{ pezzi}$$

$$RZ = 7 + 3 = 10 \text{ pezzi}$$

In definitiva il buffer massimo teorico è il seguente:

$$\text{Buffer massimo teorico NAS77A4-019} = \text{Red Zone} + \text{Yellow Zone} + \text{Green Zone} = 10 + 31 + 7 = 48 \text{ pezzi}$$

La Red Zone costituisce la safety stock di NAS77A4-019 da inserire a sistema.

$$\text{Punto di Riordino NAS77A4-019} = 10 + 31 = 41 \text{ pezzi}$$

$$\text{Quantità ordinata NAS77A4-019} = 31 + 7 = 38 \text{ pezzi}$$

Quindi nell’anagrafica “items” al codice NAS77A4-019 si è inserito come “safety stock” il valore di 10, spuntato il campo “Use Reorder Point” e inserito nel campo “Reorder Point” il valore 41.

Anche per il terzo componente è stato aggregato il consumo su base mensile. È un materiale di tipo bushing NAS77A4-031A e viene riportato il consumo medio.

Mese	Somma di Quantity
2020	-397
gen	-46
feb	-30
mar	-30
apr	-32
mag	-38
giu	-30
lug	-38
ago	-10
set	-16
ott	-10
nov	-69
dic	-48
2021	-347
gen	-24
feb	-22
mar	-41
apr	-30
mag	-36
giu	-8
lug	-16
ago	-14
set	-32
ott	-56
nov	-28
dic	-40
Totale complessivo	-744

Tabella 6.3 consumo medio mensile di codice NAS77A4-031A

Da questa tabella si ricava un consumo totale nei due anni di 744 pezzi.

Il consumo mensile è pertanto di 31 pezzi/mese.

La deviazione standard è 14.69 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.4738, quindi rientra nel range di media variabilità (0.41-0.61).

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

A differenza del materiale di tipo bushing, il lead time di approvvigionamento di NAS77A4-031A è molto più lungo, ben 6 mesi.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 6 \text{ mese} = 37 \text{ pezzi}$$

$$YZ = 31 \text{ pezzi/mese} * 6 \text{ mesi} = 186$$

Nonostante un coefficiente di variabilità del tutto simile rispetto all'altro codice materiale di tipo bushing si è deciso di applicare un fattore di variabilità diverso. Avendo tal volta difficoltà nel far arrivare i pezzi, per questo materiale si considera un valore più alto di Variability factor, ossia 0.61. La Red zone è così composta:

$$\text{Red Base} = 0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 6 \text{ mesi} = 37 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Safety} = 37 \text{ pezzi} * 0.61 = 15 \text{ pezzi}$$

$$RZ = 37 + 15 = 52 \text{ pezzi}$$

In definitiva il buffer massimo è il seguente:

$$\text{Buffer teorico massimo NAS77A4-031A} = \text{Red Zone} + \text{Yellow Zone} + \text{Green Zone} = 52 + 186 + 37 = 275 \text{ pezzi}$$

La Red Zone costituisce la safety stock di NAS77A4-031A da inserire a sistema.

Punto di Riordino NAS77A4-031A = 62 + 31 = 93 pezzi

Quantità ordinata NAS77A4-031A = 62 + 10 = 72 pezzi

Stesso procedimento rispetto ai casi precedenti, si inseriscono a sistema i valori per i campi di "Safety Stock" e "Reorder Point".

Qui sotto è stato aggregato il consumo su base mensile del materiale di tipo bolt NAS6803U5:

Mese	Somma di Quantity
2020	-1196
gen	-138
feb	-90
mar	-90
apr	-96
mag	-120
giu	-90
lug	-114
ago	-30
set	-48
ott	-30
nov	-204
dic	-146
2021	-1044
gen	-72
feb	-66
mar	-120
apr	-90
mag	-114

giu	-24
lug	-48
ago	-42
set	-96
ott	-168
nov	-84
dic	-120

Totale complessivo	-2240
---------------------------	--------------

Tabella 6.4 consumo medio mensile di codice NAS6803U5

Da questa tabella si ricava un consumo totale nei due anni di 2240 pezzi.

Il consumo mensile è di 94 pezzi/mese.

La deviazione standard è 44.0177 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.4682, quindi rientra nel range di media variabilità (0.41-0.61). Fattore di variabilità è 0.41.

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

Il lead time di approvvigionamento di NAS6803U5 è di 2 mesi.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 94 \text{ pezzi/mese} * 2 \text{ mese} = 38 \text{ pezzi}$$

$$YZ = 94 \text{ pezzi/mese} * 2 \text{ mesi} = 188$$

$$\text{Red Base} = 0.20 * 94 \text{ pezzi/mese} * 2 \text{ mesi} = 38 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Safety} = 38 \text{ pezzi} * 0.41 = 15 \text{ pezzi}$$

$$RZ = 38 + 15 = 53 \text{ pezzi}$$

In definitiva il buffer teorico massimo è il seguente:

Buffer teorico massimo NAS6803U5= Red Zone + Yellow Zone + Green Zone = 53 + 188 + 38 = 279 pezzi

La Red Zone costituisce la safety stock di NAS6803U5 da inserire a sistema.

Punto di Riordino NAS6803U5= 53 + 188 = 241 pezzi

Quantità ordinata NAS6803U5= 188 + 38 = 226 pezzi

Stesso procedimento rispetto ai casi precedenti, si inseriscono a sistema i valori per i campi di "Safety Stock" e "Reorder Point".

Il quinto componente preso in considerazione sono i distanziatori JSFM07A10CJ11. Qui sotto è stato aggregato il consumo su base mensile del materiale di tipo spacer JSFM07A10CJ11 e viene riportato in questa tabella.

Mese	Somma di Quantity
2020	-387
gen	-46
feb	-30
mar	-30
apr	-32
mag	-41
giu	-30
lug	-38
ago	-13
set	-16
ott	-10
nov	-55
dic	-46

2021	-342
gen	-24
feb	-18
mar	-40
apr	-30
mag	-36
giu	-8
lug	-18
ago	-14
set	-32
ott	-56
nov	-26
dic	-40
Totale complessivo	-729

Tabella 6.5 consumo medio mensile di codice JSFM07A10CJ11

Da questa analisi si nota che il consumo totale nei due anni è stato di 729 pezzi.

Il consumo mensile è pertanto di 31 pezzi/mese.

La deviazione standard è 13,2345 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.4269, quindi rientra nel range di media variabilità (0.41-0.61). Fattore di variabilità è 0.41.

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

Il lead time di approvvigionamento di JSFM07A10CJ11 è di 4 mesi.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 4 \text{ mese} = 25 \text{ pezzi}$$

$$YZ = 31 \text{ pezzi/mese} * 4 \text{ mesi} = 124 \text{ pezzi}$$

Red Base = $0.20 * 31 \text{ pezzi/mese} * 4 \text{ mesi} = 25 \text{ pezzi}$

Red Safety = $25 \text{ pezzi} * 0.41 = 11 \text{ pezzi}$

RZ = $25 + 11 = 36 \text{ pezzi}$

Il buffer teorico massimo è il seguente:

Buffer teorico massimo JSFM07A10CJ11 = Red Zone + Yellow Zone + Green Zone = $36 + 124 + 25 = 185 \text{ pezzi}$

La Red Zone costituisce la safety stock di JSFM07A10CJ11 da inserire a sistema.

Punto di Riordino JSFM07A10CJ11 = $36 + 124 = 160 \text{ pezzi}$

Quantità ordinata JSFM07A10CJ11 = $124 + 25 = 149 \text{ pezzi}$

Stesso procedimento rispetto ai casi precedenti, si inseriscono a sistema i valori per i campi di "Safety Stock" e "Reorder Point".

Infine, qui sotto è stato aggregato il consumo su base mensile del materiale di tipo nut JSFN02E6.

Mese	Somma di Quantity
2020	-2388
gen	-276
feb	-180
mar	-180
apr	-192
mag	-240

giu	-180
lug	-228
ago	-60
set	-96
ott	-60
nov	-408
dic	-288
2021	-2078
<hr/>	
gen	-144
feb	-132
mar	-240
apr	-180
mag	-216
giu	-48
lug	-96
ago	-86
set	-192
ott	-336
nov	-168
dic	-240
Totale complessivo	-4466

Tabella 6.6 consumo medio mensile di codice JSFN02E6

Da questa analisi si ricava, facendo la sommatoria, un consumo totale nei due anni di 4466 pezzi.

Il consumo mensile è pertanto di 186 pezzi/mese.

La deviazione standard è 87,5395 pezzi.

Il coefficiente di variazione è 0.47, quindi rientra nel range di media variabilità (0.41-0.61). Fattore di variabilità è 0.41.

Essendo il codice in questione un part type “purchased” e appartenendo alla categoria di Lead Time “long” come Lead Time Factor è stato utilizzato il valore 0.20.

Il lead time di approvvigionamento di JSFN02E6 è di 1 mese.

Pertanto:

$$GZ = 0.20 * 186 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mese} = 37 \text{ pezzi}$$

$$YZ = 186 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mesi} = 186 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Base} = 0.20 * 186 \text{ pezzi/mese} * 1 \text{ mesi} = 37 \text{ pezzi}$$

$$\text{Red Safety} = 37 \text{ pezzi} * 0.41 = 16 \text{ pezzi}$$

$$RZ = 37 + 16 = 53 \text{ pezzi}$$

In definitiva il buffer teorico massimo è il seguente:

$$\begin{aligned} \text{Buffer teorico massimo JSFN02E6} &= \text{Red Zone} + \text{Yellow Zone} + \text{Green Zone} = 53 + 186 + 37 \\ &= 276 \text{ pezzi} \end{aligned}$$

La Red Zone costituisce la safety stock di JSFN02E6 da inserire a sistema.

$$\text{Punto di Riordino JSFN02E6} = 53 + 186 = 239 \text{ pezzi}$$

$$\text{Quantità ordinata JSFN02E6} = 186 + 37 = 223 \text{ pezzi}$$

Stesso procedimento rispetto ai casi precedenti, si inseriscono a sistema i valori per i campi di “Safety Stock” e “Reorder Point”.

Il Punto di Riordino permette al pianificatore di non dover controllare ogni piccolo componente relativo all’insieme finale, ma consente di generare un ordine di produzione o una richiesta di acquisto ogni qual volta il materiale assume un valore al di sotto del Top

of Yellow. Il pianificatore riceve un messaggio di alert e avvia le procedure per ristabilire un quantitativo di materiale in magazzino tale da evitare problemi futuri di stock out.

L'introduzione della Safety Stock per queste tipologie di materiali e componenti permette di mitigare il problema della variabilità e della fluttuazione della domanda nel breve periodo che potrebbero creare dei fermi produzione o comunque dei ritardi nel completamento dell'ordine di lavoro relativo all'assieme finale.

Non sono stati considerati nei buffer intermedi i codici relativi ai chimici e agli shim. Una pianificazione degli shim risulta essere complicata. Essi sono spessori che vengono utilizzati in caso di bisogno. Non accettano e non passano requisiti, ma vengono usati in caso di necessità. Gli shim non hanno una vera e propria domanda indipendente trainante e si differenziano tra di essi in base alle zone dell'end items in cui vengono impiegati. La domanda è così specifica che non si è ritenuto opportuno pianificarla. Non sono stati pianificati nemmeno i prodotti chimici. Essi non possono essere tenuti a magazzino a lungo perché hanno date di scadenza che li rendono inutilizzabili in un lasso di tempo breve considerando i lunghi tempi di lead time del mondo aerospace. Si conviene quindi che è opportuno tenerne a magazzino il meno possibile anche a costo di finire in stock out al fine di evitare di tenere a stock prodotti e gettarne la maggioranza per sopraggiunta data di scadenza.

La seguente tesi ha proposto e ottenuto il lancio di un esperimento pilota riguardante l'inserimento a sistema di scorte di sicurezza e punto di riordino per questi codici.

Si analizzano pertanto i risultati relativi al codice NAS77A4-019.

Nel corso del periodo 2020 e 2021 le quantità acquistate e arrivate nei vari mesi sono state aggregate mensilmente, come le quantità richieste, e riportate nella tabella successiva:

Mese	Quantity
2020	
gen	92
feb	2
mar	24
apr	122
mag	68

giu	50
lug	22
ago	46
set	16

2021

feb	30
mar	33
mag	20
giu	20
lug	25
ago	7
set	45
ott	24
nov	70

Totale complessivo	716
---------------------------	------------

Tabella 6.7 quantità di materiale arrivato nel periodo gen 2020 – dic 2021

Si analizzano in seguito le disponibilità in magazzino relative al codice NAS77A4-019.



Figura 6.04 disponibilità in magazzino del codice NAS77A4-019 durante il periodo 2020

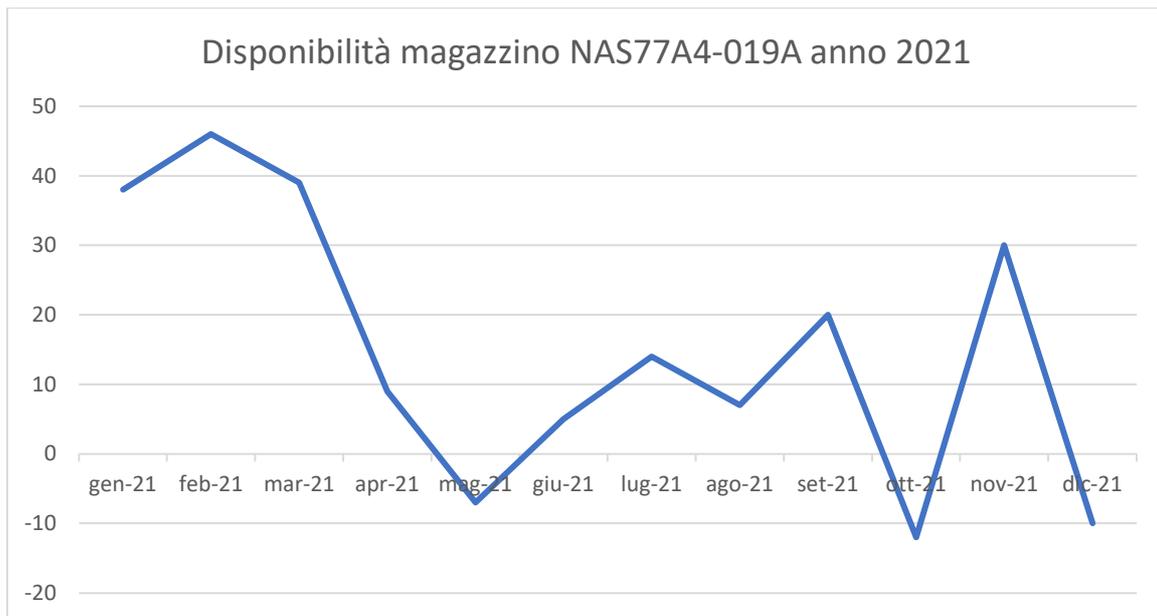


Figura 6.05 disponibilità in magazzino del codice NAS77A4-019 durante il periodo 2020

Come si può notare dalle figure 6.04 e in figura 6.05 e dalla tabella 6.7 risulta evidente come la gestione del materiale avente codice NAS77A4-019 non sia ottimizzata. Nel 2020 la quantità a magazzino di tale codice risulta essere superiore alla quantità necessaria, nei mesi che vanno da giugno ad ottobre la quantità a magazzino è vicina alle 200 unità. Molto più grave però è la gestione delle scorte nell'anno 2021. Si registrano stock out di questo materiale nei mesi di maggio, ottobre e dicembre 2021. In questi periodi infatti le scorte in magazzino non sono bastate per soddisfare le richieste. Gli stock out del codice NAS77A4-019 comportano stop work nel processo di assemblaggio della Front Spar. Questo porta a rallentamenti nel processo di produzione e a consegne ritardate. Con una pianificazione adeguata si possono evitare questi stock out.

Di seguito viene riportata una simulazione nel caso in cui si fosse dal 2020 utilizzata la metodologia DDMRP per questo codice:

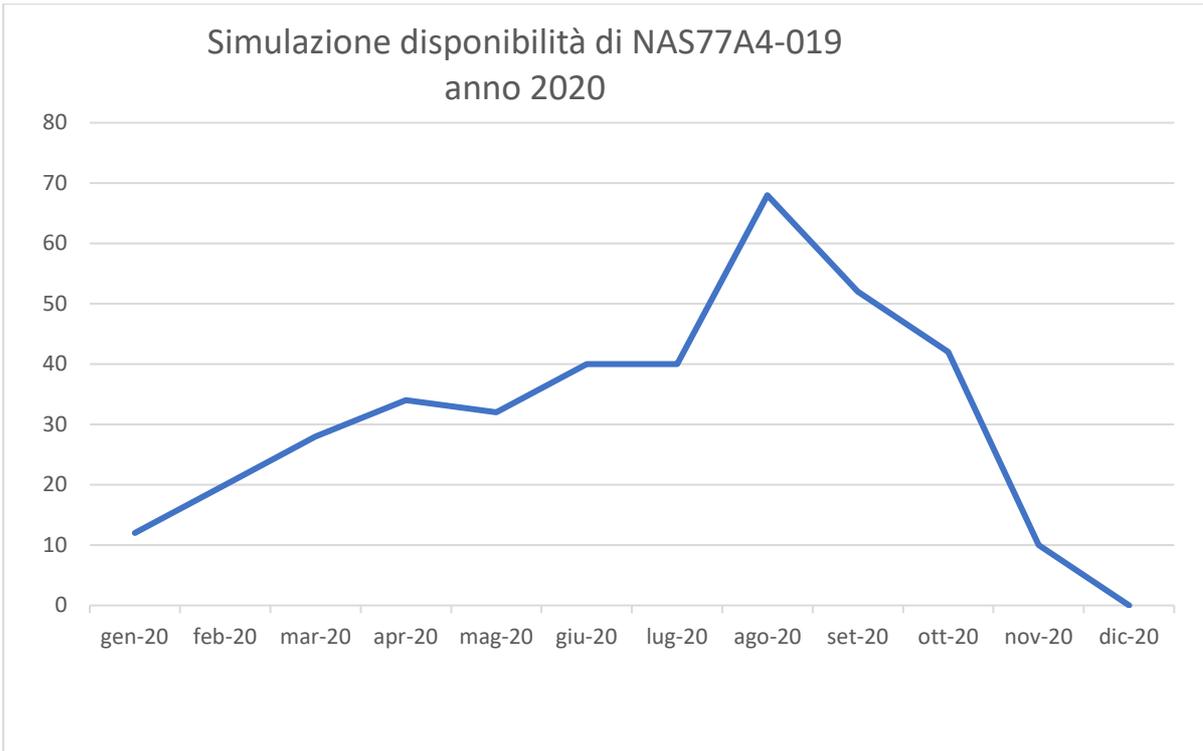


Figura 6.06 simulazione disponibilità magazzino codice NAS77A4-019 anno 2020 con utilizzo DDMRP



Figura 6.07 simulazione disponibilità magazzino codice NAS77A4-019 anno 2020 con utilizzo DDMRP

Come si evince dalla simulazione, se si fosse utilizzato il DDMRP negli anni passati introducendo un punto di riordino a 41 e una quantità ordinata di 38 si sarebbero ottenuti 0 stock out durante tutto l'arco dei 24 mesi e una quantità in magazzino media decisamente inferiore rispetto al caso senza DDMRP. La media mensile di quantità a magazzino nel caso senza DDMRP è stata di 68 unità contro le 34 della simulazione con DDMRP. Inoltre, occorre considerare il fatto che non si sarebbe mai arrivati a stock out in magazzino e questo avrebbe evitato costosi stop work. L'unico periodo in cui si sarebbe scesi sotto la sicurezza prevista è il periodo del mese di dicembre 2020, questo perché i mesi di novembre e dicembre hanno richiesto un quantitativo di codice NAS77A4-019 decisamente superiore alla media. Inoltre l'assieme front spar e i componenti della distinta base presentano una domanda piuttosto stabile, quindi i valori utilizzati che richiedono come basi dati la domanda mensile subiscono e hanno subito poche variazioni nel corso degli anni.

Notati i risultati che si sarebbero ottenuti con l'introduzione di DDMRP, è stata accettata l'introduzione di tale metodologia sui componenti della front spar visti in precedenza.

Si analizza in seguito il pilota DDMRP lanciato a fine dicembre per il codice NAS77A4-019.

Il DDMRP, con punto di riordino e scorta di sicurezza è stato introdotto il 20 dicembre. In tale data il codice NAS77A4-019 era in stock out, la quantità in magazzino era a 0 e vi erano richieste per ulteriori 10 unità. Quindi, essendo ovviamente sotto il punto di riordino si è proceduto a effettuare l'ordine. Essendo richiesto di avere come project on hand almeno 41 pezzi l'ordine è stato superiore a 38 pezzi che era la quantità prefissata come acquisto. Sono pertanto stati acquistati pezzi per il massimo buffer teorico + backlog, ossia 48 + 10 pezzi. Tali pezzi sono arrivati il 20 gennaio. Da qui in avanti questo codice ha seguito le regole di punto di riordino, quantità di riordino e scorta di sicurezza preposta.

Nei primi due mesi del nuovo anno si è sempre andati sotto il punto di riordino ed è sempre stato necessario effettuare l'ordine di 38 pz.

Occorre considerare che per questo codice si è partiti da una situazione molto critica. La richiesta di 10 pezzi a dicembre era la richiesta che al 20 dicembre non era stata possibile evadere per mancanza di materiale. Dopo l'importante ordine del 20 dicembre la situazione è tornata alla normalità. Si è scesi sotto il punto di riordino in entrambi i mesi presi in considerazione, pertanto sono stati effettuati ordini di consegna materiale sia a gennaio sia a febbraio che, con un mese di lead time, sono andati a coprire senza problemi la quantità di materiale richiesta nei mesi successivi evitando stock out.

Nonostante questo metodo garantisca di avere sempre il materiale a disposizione, importanti risultati si sono ottenuti anche nella diminuzione delle scorte a magazzino. La media mensile di pezzi a magazzino del codice NAS77A4-019 dall'introduzione del DDMRP è stata di 31 pezzi contro i 68 di media mensile che si registrava nei mesi senza DDMRP.

Lo stesso processo di DDMRP è stato implementato negli altri cinque codici citati in precedenza, necessari per l'assemblaggio di una front spar, in cui per la seguente tesi ho ritenuto opportuno utilizzare tale metodologia. Il DDMRP ha permesso, come per il codice NAS77A4-019, anche per gli altri di effettuare ordini di consegna in tempo ed evitare stock out. Dall'introduzione del DDMRP, dopo il primo mese di assestamento, nessun codice è sceso sotto la scorta di sicurezza e non si è verificato nessuno stop work per l'assemblaggio delle front spar. Nonostante il risultato più importante per l'azienda sia quello di avere sempre materiale a magazzino per evitare ritardi nell'assemblaggio, c'è da sottolineare che l'introduzione di DDMRP ha diminuito anche la quantità di scorte a magazzino in tutti i materiali presi in considerazione, come evidenziato per il codice NAS77A4-019.

6.3 Schedulazione Risorse Uomo

Come riportato in figura 6.01 dopo il lancio dell'ordine di lavoro da parte del pianificatore e la conferma di una start date per l'OdL, lo schedulatore procede all'allocazione delle risorse per ogni operazione che l'ordine di lavoro deve effettuare. Solo schedulatore ed APS considerano le risorse per la pianificazione. La pianificazione di MRP viene definita a capacità infinita, anche se in realtà MRP non tiene conto in alcun modo di vincoli o limiti derivanti dall'allocazione delle risorse.

Occorre però fare una netta differenziazione all'interno delle risorse e della composizione dei gruppi risorse.

I gruppi risorsa si dividono in gruppi "Labor" e gruppi "Machine" (uomo/macchina). A seconda di questa distinzione vi sono regole per l'allocazione e per la selezione della risorsa differenti.

In particolare, si analizza il caso del gruppo risorsa: IAS01-11.

The screenshot shows the configuration interface for resource group IAS01-11. At the top, the 'Group' field is set to 'IAS01-11' and the 'Alternative' field is set to '0'. The 'Description' field contains 'GR. ASSEMBLAGGIO' and the 'Type' is set to 'Labor'. Below this, there are three tabs: 'General', 'Resources', and 'OEE', with 'General' selected. Under the 'General' tab, there are two sections: 'Planning Information' and 'Scheduling Information'. In 'Planning Information', 'Buffer In Time*' is set to 0, 'Buffer Out Time*' is set to 0, and 'Infinite Capacity After' is set to 999,999. In 'Scheduling Information', the 'Allocation Rule' is set to 'Select In Sequence', and there are two checkboxes: 'Infinite' (unchecked) and 'Reallocate' (unchecked). At the bottom, there is a section 'LMA - Dispatch List' with two checkboxes: 'Aggrega risorse' (checked) and 'Escludi da Piano di Lavoro Nicim' (unchecked).

Figura 6.08 Gruppo risorsa IAS01-11

Come si nota in figura x.x. il gruppo risorsa in questione è un gruppo assemblaggio e ha come allocation rule "select in sequence", ossia l'algoritmo di allocazione per la selezione di una risorsa all'interno del gruppo è la selezione in sequenza, vale a dire nell'ordine in cui sono elencate nel gruppo risorsa. Quindi all'arrivo di un carico di lavoro è allocata la prima risorsa elencata nel gruppo risorsa, se questa è occupata si procede con l'allocazione alla seconda risorsa, se la seconda è occupata si procede all'allocazione della terza risorsa e così via.

All'interno di un gruppo risorse vi possono essere una o più risorse, nel caso del gruppo IAS01-11 la composizione del gruppo risorse è la seguente:

Group: Alternative:

Description:

Type:

General Resources OEE

	*Seq	*Resource	Description
1 ▶	1	UAS01-01	MONTATORE 01
2	2	UAS01-02	MONTATORE 02
3	3	UAS01-03	MONTATORE 03
4	4	UAS01-04	MONTATORE 04
5	9	049	REP. ASSEMBLAGGIO x MES
*			

Up

Figura 6.09 elenco risorse all'interno di gruppo risorse IAS01-11

Come si evince da figura 6.08 il gruppo risorsa è formato da 4 montatori (il 049 è stato inserito a sistema solo per questioni relative al software mes, non è una risorsa).

Ogni singolo montatore, quindi ogni singola risorsa ha le proprie regole di selezione e allocazione per permettere allo schedulatore di effettuare la pianificazione. Nel caso di una risorsa uomo le regole sono pressoché le stesse per tutte.

Resource: Alternative:
 Fixed Asset Number:
Resource Type:

Planning Shifts Shift Exceptions Maintenance Tooling Machine Service OEE

Scheduling Rules

Sequence Rule:
Selection Rule:
Tiered Rule1:
Tiered Rule2:
Tiered Rule3:
Selection Value: Setup Delay:

Scheduling Information

Item Set Up For:
Allocation Type: Infinite Scheduling

Planning Information — **GDE** — **Quantity Information** — **Board**

Infinite Planning Tutti i programmi Modalità OdL / Fase
Quantity: WC:

LMA - Dispatch List

Codice Trascodifica Infor-Nicim:
 Scarta Da Pianificazione

Figura 6.10 regole di selezione e allocazione risorsa uomo

Alla risorsa uomo si è deciso di dare come regola di sequenziamento la global selection rule, vale a dire se lo schedatore durante il suo processo operativo non riesce ad allocare una risorsa ad un carico, esso piazza la richiesta in una coda. Se vi sono più richieste ferme in coda lo schedatore le sequenzia seguendo la global selection rule. La global selection rule decisa è il più alto valore di priorità. Da sottolineare che si intende come più alta la priorità di un carico più è basso il numero assegnatogli come Priority.

Le regole di selection rule sono usate quando una risorsa ritorna disponibile e permettono allo schedatore di determinare quale richiesta presente nella coda allocare alla risorsa. Le selection rule definiscono una sorta di ranking all'interno della coda delle richieste. Per le regole sulle risorse uomo si è deciso di utilizzare la cosiddetta tiered selection rule, ossia per determinare il ranking nelle richieste della coda vengono definite ulteriori tre regole. La prima è la sequencing rule, ossia il valore della priorità. La seconda è la earliest due date

e la terza è FIFO. Quindi prima richiesta che verrà selezionata dalla coda per essere allocata alla risorsa che si è liberata è quella con il valore di priorità più alta. A parità di priorità si va a vedere l'end date, quelle con scadenza più ravvicinata sono schedate per prima, infine a parità anche di end date si procede all'allocazione della richiesta che per prima era entrata nella coda. Il seguente lavoro di tesi, supportato da pianificatori e operation manager, quindi ha ritenuto come metodologia più efficace possibile quella di predisporre, per le risorse uomo, una gerarchia nella selezione delle richieste basata sull'urgenza degli ordini di lavoro.

Molto importante è l'informazione sull'allocation type di una risorsa. Una risorsa uomo ha come allocation type "temporary", ossia provvisorio. Ciò significa che se la lavorazione di una richiesta da parte di una risorsa si interrompe, per svariati motivi come, ad esempio, il fine turno dell'operatore, il carico può essere trasferito ad un altro operatore nello stesso gruppo risorsa. In questo caso significa che se un montatore che sta assemblando i componenti di un assieme finale finisce il turno di lavoro, il montatore del turno dopo può continuare l'assemblaggio. Quindi lo schedatore in caso di interruzione di una risorsa del gruppo IAS01-11 ha la facoltà di riallocare il carico alla prima risorsa di quel gruppo che torna disponibile. Come si vedrà in seguito diversa è invece la situazione di una risorsa macchina, se il lavoro sul carico si interrompe esso non può riprendere finché la risorsa macchina non torna in servizio.

Con queste regole e premesse si è eseguito un run dello schedatore il 24/01 con il fine di schedare i carichi sulle varie risorse nel periodo che va dal 24/01/2022 al 28/01/2022.

Lo schedatore genera delle proposte di schedazione. Dall'elaborato dello schedatore si è creato una dispatch list, ossia l'ordine con cui la risorsa deve eseguire le richieste. Per la tipologia di azienda che è L.M.A. s.r.l. si ritiene corretto aggregare su base settimanale. L'azienda non ha infatti flussi che sono dettati da tempistiche di processo, non ha takt time determinati come potrebbero avere aziende con produzioni di massa come l'automotive, ma ha produzioni complesse con tempi che potrebbero variare in base alle criticità emerse durante le diverse fasi della produzione. Aggregando settimanalmente queste fluttuazioni si livellano. Quindi dal run dello schedatore si possono generare dispatch list settimanali

in cui sono elencate in ordine tutte le operazioni che la risorsa dovrà svolgere nella settimana.

Qui sotto è riportata l'estrazione dal run dello schedatore per le prime 100 richieste schedulate:

Resource	Job	Operation	Priority	Start Date	End Date	Item	Qty	Type	Setup Hours	Run Hours
UAS01-02	22OP000310	10	96	21/10/2021	17/11/2021	J94345508-401	10	Setup	0,1	0
UAS01-02	22OP000310	10	96	21/10/2021	17/11/2021	J94345508-401	10	Run	0,1	0
UAS01-03	21OP004782	30	96	11/10/2021	30/11/2021	2WSH53325-0004	3	Run	0	1,5
UAS01-04	21OP004783	30	96	11/10/2021	30/11/2021	2WSH53326-0004	3	Run	0	1,5
UAS01-02	21OP002197	20	97	21/05/2021	23/06/2021	A415876-017 005	1	Run	0	0,5
UAS01-01	21OP003021	10	97	06/07/2021	30/07/2021	V1215311318-001	8	Setup	0,1	0,16
UAS01-01	21OP003021	10	97	06/07/2021	30/07/2021	V1215311318-001	8	Run	0,1	0,16
UAS01-02	22OP000010	15	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	2	Run	0	0
UAS01-03	21OP004591	10	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	4	Run	0	0
UAS01-01	21OP004591	15	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	4	Run	0	0
UAS01-03	21OP003886	50	97	24/09/2021	15/10/2021	114T4401-908	6	Setup	0,1	0,18
UAS01-03	21OP003886	50	97	24/09/2021	15/10/2021	114T4401-908	6	Run	0,1	0,18
UAS01-04	21OP004887	10	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	4
UAS01-03	21OP004887	50	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	2
UAS01-04	21OP004887	70	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	1
UAS01-01	21OP004887	90	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	2
UAS01-01	21OP004887	90	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	2
UAS01-04	21OP004887	100	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	1
UAS01-02	21OP004959	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	Setup	0,1	0,2
UAS01-02	21OP004959	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	Run	0,1	0,2
UAS01-01	21OP004973	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291214-001	4	Run	0	0
UAS01-01	21OP004960	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	Setup	0,1	0,24
UAS01-03	21OP004972	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291214-001	2	Run	0	0
UAS01-01	21OP004960	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	Run	0,1	0,24
UAS01-02	21OP004959	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	Setup	0,1	0,2
UAS01-02	21OP004959	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	Run	0,1	0,2
UAS01-03	21OP004960	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	Setup	0,1	0,24
UAS01-03	21OP004960	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	Run	0,1	0,24
UAS01-03	21OP004974	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291215-001	2	Run	0	0
UAS01-03	21OP005136	10	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2	Setup	0,1	0,66
UAS01-03	21OP005136	10	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2	Run	0,1	0,66
UAS01-03	21OP005109	10	97	02/11/2021	30/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	4
UAS01-02	21OP005022	30	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Setup	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005022	30	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Run	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Setup	0,1	0,16
UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Setup	0,1	0,16
UAS01-03	21OP005109	10	97	02/11/2021	30/12/2021	2WSH53005-0007	1	Run	0	4
UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Run	0,1	0,16
UAS01-02	21OP005022	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Setup	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005022	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Run	0,1	0,12
UAS01-04	21OP005023	80	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Setup	0,1	0,16
UAS01-04	21OP005023	80	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Run	0,1	0,16
UAS01-02	21OP005022	70	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Setup	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005022	70	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Run	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005023	100	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Setup	0,1	0,16
UAS01-02	21OP005023	100	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	Run	0,1	0,16
UAS01-02	21OP005022	90	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Setup	0,1	0,12
UAS01-02	21OP005022	90	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Run	0,1	0,12
UAS01-01	21OP005022	130	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	Setup	0,1	0,12

UAS01-01	21OP005022	130	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6 Run	0,1	0,12
UAS01-01	21OP005022	150	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6 Setup	0,1	0,12
UAS01-01	21OP005022	150	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6 Run	0,1	0,12
UAS01-01	21OP005136	50	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2 Setup	0,1	0,06
UAS01-01	21OP005136	50	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2 Run	0,1	0,06
UAS01-01	21OP005023	140	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8 Setup	0,1	0,16
UAS01-01	21OP005023	140	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8 Run	0,1	0,16
UAS01-02	22OP000295	10	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4 Setup	0,1	0,32
UAS01-02	22OP000295	10	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4 Run	0,1	0,32
UAS01-04	22OP000295	30	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4 Setup	0,1	0,68
UAS01-04	22OP000295	30	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4 Run	0,1	0,68
UAS01-02	22OP000079	50	97	17/12/2021	18/01/2022	114T4603-942	3 Setup	0,1	0,09
UAS01-02	22OP000079	50	97	17/12/2021	18/01/2022	114T4603-942	3 Run	0,1	0,09
UAS01-04	21OP005084	10	97	29/11/2021	18/01/2022	2WSH53107-0003	1 Setup	0,1	0,5
UAS01-04	21OP005084	10	97	29/11/2021	18/01/2022	2WSH53107-0003	1 Run	0,1	0,5
UAS01-02	22OP000107	10	97	13/01/2022	19/01/2022	2-23225-509	2 Setup	0,1	1,5
UAS01-02	22OP000107	10	97	13/01/2022	19/01/2022	2-23225-509	2 Run	0,1	1,5
UAS01-01	22OP000108	10	97	14/01/2022	19/01/2022	2-23225-510	2 Setup	0,1	1,5
UAS01-01	22OP000108	10	97	14/01/2022	19/01/2022	2-23225-510	2 Run	0,1	1,5
UAS01-04	22OP000298	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04645-0001	6 Setup	0,1	0,48
UAS01-01	22OP000284	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04467-0001	5 Setup	0,1	0,4
UAS01-04	22OP000298	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04645-0001	6 Run	0,1	0,48
UAS01-01	22OP000284	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04467-0001	5 Run	0,1	0,4
UAS01-03	22OP000296	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04644-0001	6 Setup	0,1	0,48
UAS01-03	22OP000296	10	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04644-0001	6 Run	0,1	0,48
UAS01-01	22OP000284	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04467-0001	5 Setup	0,1	0,85
UAS01-01	22OP000284	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04467-0001	5 Run	0,1	0,85
UAS01-02	22OP000298	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04645-0001	6 Setup	0,1	1,02
UAS01-02	22OP000298	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04645-0001	6 Run	0,1	1,02
UAS01-01	22OP000296	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04644-0001	6 Setup	0,1	1,02
UAS01-01	22OP000296	30	97	23/12/2021	24/01/2022	2WBH04644-0001	6 Run	0,1	1,02
UAS01-03	22OP000082	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-941	6 Run	0	1,98
UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6 Setup	0,1	0,18
UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6 Setup	0,1	0,18
UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6 Run	0,1	0,18
UAS01-04	22OP000088	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4609-942	4 Setup	0,1	0,12
UAS01-04	22OP000088	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4609-942	4 Run	0,1	0,12
UAS01-02	22OP000082	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-941	6 Setup	0,1	0,18
UAS01-02	22OP000082	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-941	6 Run	0,1	0,18
UAS01-01	22OP000080	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4604-942	6 Setup	0,1	1,98
UAS01-04	22OP000083	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-942	6 Setup	0,1	1,98
UAS01-01	22OP000080	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4604-942	6 Run	0,1	1,98
UAS01-04	22OP000083	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-942	6 Run	0,1	1,98
UAS01-02	22OP000081	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4605-941	6 Setup	0,1	1,98
UAS01-02	22OP000081	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4605-941	6 Run	0,1	1,98
UAS01-02	22OP000080	30	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4604-942	6 Setup	0,1	0,12
UAS01-02	22OP000080	30	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4604-942	6 Run	0,1	0,12
UAS01-04	22OP000083	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-942	6 Setup	0,1	0,18
UAS01-04	22OP000083	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-942	6 Run	0,1	0,18
UAS01-02	22OP000080	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4604-942	6 Setup	0,1	0,18

Tabella 6.8 estrazione prime 100 schedulazioni di Group Resource IAS01-11

Questa è l'estrazione che si ottiene utilizzando le regole di allocazione, sequenziamento e selezione indicate sopra.

Da notare come avendo filtrato per i primi cento ordini di lavoro, i primi ad essere schedulati sono ovviamente quelli più urgenti e quelli scaduti. Per i primi ordini di lavoro la start date indicata è quindi nel passato. Questo è dovuto all'elaborazione di MRP. MRP, infatti, parte dalla end date e genera una start date mediante la cosiddetta pianificazione a ritroso, andando quindi indietro dalla end date tanti giorni quanti sono i giorni di attraversamento medi previsti per il completamento dell'ordine di lavoro. MRP può, quindi, pianificare operazioni nel passato. Lo schedulatore riceve la start date da MRP e avvia il processo di produzione in base ad essa, ma ovviamente lo schedulatore non può utilizzare nella sua pianificazione giorni passati, non può schedulare il carico di una risorsa su un giorno passato. Pertanto, se la start date è futura rispetto al giorno corrente lo schedulatore la prende in considerazione per le sue elaborazioni, se la start date è nel passato lo schedulatore considera come start date il giorno corrente.

Ovviamente questo è solo il primo passo della schedulazione relativa alla risorsa IAS01-11. L'ordine che emerge dalla schedulazione deve essere modificato dai pianificatori. Essi hanno la facoltà di modificare l'ordine con cui vengono assegnati i carichi alle risorse. La priorità considerata dallo schedulatore riguarda solamente il tempo. Come detto in precedenza la priorità forzata manualmente riguarda solamente quando un end item deve essere consegnato e fatturato, non considera la priorità relativa all'importanza dell'end item. Un end item potrebbe essere più prioritario di un altro per svariati motivi come, ad esempio, il peso sul fatturato, la criticità per il cliente, la difficoltà nell'eseguire le operazioni di assemblaggio, ecc... per cui l'ordine viene successivamente modificato.

Quindi, partendo dal run di schedulazione, i pianificatori hanno deciso di modificarlo in base alle esigenze aziendali.

Group	Resource	Job	Operation	Priority	Start Date	End Date	Item	Qty	Setup Hours	Run Hours
IAS01-11	UAS01-01	21OP003021	10	97	06/07/2021	30/07/2021	V1215311318-001	8	0,1	0,16
IAS01-11	UAS01-02	22OP000010	15	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	2	0	0
IAS01-11	UAS01-02	21OP004959	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	0,1	0,2
IAS01-11	UAS01-03	21OP003886	50	97	24/09/2021	15/10/2021	114T4401-908	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-04	21OP004887	10	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	4
IAS01-11	UAS01-01	21OP003021	10	97	06/07/2021	30/07/2021	V1215311318-001	8	0,1	0,16
IAS01-11	UAS01-02	21OP004959	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	0,1	0,2
IAS01-11	UAS01-03	21OP003886	50	97	24/09/2021	15/10/2021	114T4401-908	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-01	21OP004973	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291214-001	4	0	0
IAS01-11	UAS01-01	21OP004960	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	0,1	0,24
IAS01-11	UAS01-03	21OP004972	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291214-001	2	0	0
IAS01-11	UAS01-03	21OP005136	10	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2	0,1	0,66
IAS01-11	UAS01-02	22OP000079	50	97	17/12/2021	18/01/2022	114T4603-942	3	0,1	0,09
IAS01-11	UAS01-01	21OP004960	50	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	0,1	0,24
IAS01-11	UAS01-03	21OP005136	10	97	07/12/2021	30/12/2021	114T4400-908	2	0,1	0,66
IAS01-11	UAS01-02	22OP000079	50	97	17/12/2021	18/01/2022	114T4603-942	3	0,1	0,09
IAS01-11	UAS01-02	22OP000107	10	97	13/01/2022	19/01/2022	2-23225-509	2	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-02	22OP000107	10	97	13/01/2022	19/01/2022	2-23225-509	2	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-01	22OP000108	10	97	14/01/2022	19/01/2022	2-23225-510	2	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-01	22OP000108	10	97	14/01/2022	19/01/2022	2-23225-510	2	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-03	22OP000082	10	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4606-941	6	0	1,98
IAS01-11	UAS01-02	22OP000304	10	97	11/01/2022	01/02/2022	2WSH63003-0007	4	0,1	0,32
IAS01-11	UAS01-02	22OP000304	10	97	11/01/2022	01/02/2022	2WSH63003-0007	4	0,1	0,32
IAS01-11	UAS01-01	22OP000090	10	97	12/01/2022	01/02/2022	2WSH53129-0007	1	0,1	0,5
IAS01-11	UAS01-01	22OP000090	10	97	12/01/2022	01/02/2022	2WSH53129-0007	1	0,1	0,5
IAS01-11	UAS01-02	22OP000310	10	96	21/10/2021	17/11/2021	J94345508-401	10	0,1	0
IAS01-11	UAS01-02	22OP000310	10	96	21/10/2021	17/11/2021	J94345508-401	10	0,1	0
IAS01-11	UAS01-02	22OP000007	10	97	10/01/2022	03/02/2022	2WSH53105-0007	4	0	5,32
IAS01-11	UAS01-01	21OP005248	10	97	13/01/2022	03/02/2022	2WSH53103-0003	3	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-01	21OP005248	10	97	13/01/2022	03/02/2022	2WSH53103-0003	3	0,1	1,5
IAS01-11	UAS01-03	21OP005244	100	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-03	21OP005244	100	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-04	22OP000087	50	97	17/01/2022	07/02/2022	114T4608-942	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-04	22OP000087	50	97	17/01/2022	07/02/2022	114T4608-942	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-04	22OP000085	10	97	17/01/2022	07/02/2022	114T4607-941	2	0,1	0,66
IAS01-11	UAS01-04	22OP000085	10	97	17/01/2022	07/02/2022	114T4607-941	2	0,1	0,66
IAS01-11	UAS01-01	22OP000306	10	97	17/01/2022	08/02/2022	2WSH63004-0007	5	0,1	0,4
IAS01-11	UAS01-01	22OP000306	10	97	17/01/2022	08/02/2022	2WSH63004-0007	5	0,1	0,4
IAS01-11	UAS01-01	22OP000156	10	97	19/01/2022	09/02/2022	2WSH53134-0018	4	0	6
IAS01-11	UAS01-04	21OP005241	40	97	23/12/2021	11/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	0
IAS01-11	UAS01-04	21OP005241	40	97	23/12/2021	11/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	0
IAS01-11	UAS01-04	21OP005245	110	97	23/12/2021	11/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-04	21OP005245	110	97	23/12/2021	11/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP004782	30	96	11/10/2021	30/11/2021	2WSH53325-0004	3	0	1,5
IAS01-11	UAS01-04	21OP004783	30	96	11/10/2021	30/11/2021	2WSH53326-0004	3	0	1,5
IAS01-11	UAS01-02	21OP002197	20	97	21/05/2021	23/06/2021	A415876-017 005	1	0	0,5
IAS01-11	UAS01-02	21OP004959	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	0,1	0,2
IAS01-11	UAS01-02	21OP004959	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T2063-1	10	0,1	0,2
IAS01-11	UAS01-03	21OP004960	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	0,1	0,24

IAS01-11	UAS01-03	21OP004960	70	97	03/12/2021	28/12/2021	183T3080-1	12	0,1	0,24
IAS01-11	UAS01-02	22OP000007	20	97	10/01/2022	03/02/2022	2WSH53105-0007	4	0,1	0,68
IAS01-11	UAS01-04	21OP005244	110	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53002-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-02	22OP000007	20	97	10/01/2022	03/02/2022	2WSH53105-0007	4	0,1	0,68
IAS01-11	UAS01-03	21OP004591	10	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	4	0	0
IAS01-11	UAS01-03	21OP005249	10	97	21/01/2022	11/02/2022	2WSH53103-0003	4	0,1	2
IAS01-11	UAS01-01	21OP004591	15	97	22/09/2021	13/10/2021	V1235291210-001	4	0	0
IAS01-11	UAS01-01	22OP000156	10	97	19/01/2022	09/02/2022	2WSH53134-0018	4	0	6
IAS01-11	UAS01-02	22OP000007	20	97	10/01/2022	03/02/2022	2WSH53105-0007	4	0,1	0,68
IAS01-11	UAS01-03	21OP005249	10	97	21/01/2022	11/02/2022	2WSH53103-0003	4	0,1	2
IAS01-11	UAS01-04	21OP005244	110	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53002-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP005249	10	97	21/01/2022	11/02/2022	2WSH53103-0003	4	0,1	2
IAS01-11	UAS01-02	21OP005246	100	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-02	21OP005246	100	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-04	21OP005242	100	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-04	21OP005242	100	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-01	21OP005243	100	97	18/01/2022	28/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-01	21OP005243	100	97	18/01/2022	28/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	4
IAS01-11	UAS01-03	21OP004887	50	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP005240	130	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP005240	130	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-02	21OP005244	130	97	16/12/2021	04/02/2022	2WSH53002-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-04	21OP004887	70	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	1
IAS01-11	UAS01-01	21OP005245	130	97	23/12/2021	11/02/2022	2WSH53002-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP005246	110	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP005246	110	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-02	21OP005242	110	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-02	21OP005242	110	97	11/01/2022	21/02/2022	2WSH53001-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-04	21OP005247	110	97	18/01/2022	28/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-04	21OP005247	110	97	18/01/2022	28/02/2022	2WSH53002-0007	1	0,1	2
IAS01-11	UAS01-01	21OP004887	90	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-03	21OP004974	10	97	03/12/2021	28/12/2021	V1235291215-001	2	0	0
IAS01-11	UAS01-03	21OP005109	10	97	02/11/2021	30/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	4
IAS01-11	UAS01-02	21OP005022	30	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-02	21OP005022	30	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	0,1	0,16
IAS01-11	UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-01	21OP004887	90	97	02/11/2021	15/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	2
IAS01-11	UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	0,1	0,16
IAS01-11	UAS01-03	21OP005109	10	97	02/11/2021	30/12/2021	2WSH53005-0007	1	0	4
IAS01-11	UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-02	21OP005023	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-2	8	0,1	0,16
IAS01-11	UAS01-04	22OP000086	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4608-941	6	0,1	0,18
IAS01-11	UAS01-02	21OP005022	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-04	22OP000088	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4609-942	4	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-02	21OP005022	50	97	07/12/2021	30/12/2021	183T2034-1	6	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-04	22OP000088	50	97	28/12/2021	26/01/2022	114T4609-942	4	0,1	0,12
IAS01-11	UAS01-02	22OP000295	10	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4	0,1	0,32
IAS01-11	UAS01-04	21OP005084	10	97	29/11/2021	18/01/2022	2WSH53107-0003	1	0,1	0,5
IAS01-11	UAS01-02	22OP000295	10	97	16/12/2021	17/01/2022	2WBH04644-0001	4	0,1	0,32

Tabella 6.9 schedulazione dopo richiesta modifiche da parte dei pianificatori

Come si può notare dalla tabella 6.9, ad esempio, seguendo le direttive dei pianificatori è stato modificato l'ordine con cui vengono selezionati gli ordini di lavoro. In particolare, anche OdL che hanno priorità 96, quindi un valore molto alto, sono stati spostati verso il basso. Decisioni di questo tipo continueranno ad esserci anche con una digitalizzazione e un'automazione dei processi che andrà sempre più ad aumentare.

Infine, questa elaborazione deve arrivare alle risorse. Quindi si è creata una dispatch list ed è stata consegnata al responsabile del gruppo risorsa.

Tutte le informazioni elaborate in precedenza, però, non sono da eseguire alla lettera. Lo schedatore elabora le operazioni che deve svolgere ogni singola risorsa all'interno del gruppo, ma è evidente che per le risorse uomo se l'operazione viene eseguita dal montatore 1 o dal montatore 2 è totalmente ininfluente. Questo agevola di molto la pianificazione. Sulle risorse uomo si è deciso quindi di creare la dispatch list a livello di gruppo e non di singola risorsa. Occorre però ovviamente considerare il numero delle risorse disponibili per lavorare. Il gruppo risorsa IAS01-11 ha 4 montatori che lavorano 8 ore al giorno per 5 giorni a settimana. Nel creare la dispatch list si è tenuto conto delle ore totali di lavoro uomo disponibili e si è creata la sequenza di operazione da svolgere in base a questo montante di ore.

Inoltre, come detto in precedenza il processo di lavorazione di L.M.A. s.r.l. non ha takt time assoluti. Non possono seguire logiche di produzione di massa, pertanto i tempi di run e setup per le risorse uomo sono indicativi. Come tempo di setup per la risorsa uomo è stato considerato il tempo che impiega l'operatore per prendere il pezzo da lavorare, leggere i fogli necessari per eseguire le operazioni, compilare a sistema i campi richiesti ecc... è chiaro che già solo in base alla dimensione del pezzo da lavorare i tempi potrebbero essere leggermente diversi. Quindi la dispatch list è aggregata per gruppo risorsa. Il montatore 1 svolgerà la prima richiesta, il montatore 2 svolgerà la seconda richiesta, il montatore 3 la terza e il montatore 4 la quarta. Quando uno dei montatori ha terminato una lavorazione procede a lavorare la richiesta di carico immediatamente successiva.

PN Descrizione Nickname	Commissa Aspetto	Cod.Prod. Cod.Famiglia	OdL Giorni Rit.	N.Oper. Cod.Oper.	Q.tà Ril. Q.tà Ric.	Settimana	Orig. - Dest. -	Cod.Oper. Cod.Oper.	PdC PdC	Compl. Compl.
V1215311318-001 SEAT TRACK ASSY CABINE	C27J-01 M	P-C27J PROD-ASS	21OP003021-0 216,340	10 A-MON	8,00 8,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS L-INV	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4600-912 ACT RIB ASSY CENTINA	B767 KC-46 P	P-B767KC PROD-ASS	21OP004398-0 21,641	50 A-VER	4,00 4,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM L-MAR	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4601-910 RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP004539-0 80,505	50 A-VER	6,00 6,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM A-VER	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4601-910 RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP004539-0 80,505	60 A-VER	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A-VER L-MAR	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
V1235291210-001 CRANK ASSY	C27J-06 P	P-C27J PROD-ASS	21OP004591-0 104,323	15 A-MON	4,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	A-MON C-DIM	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53005-0007 SPAR ASSY, WING - REAR, LH REAR SPAR ASSY	JSF-03 GG	P-JSF PROD-ASS	21OP004887-0 47,314	90 A-MON	1,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS A-VER	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4609-941 ACT RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP004956-0 34,615	50 A-VER	6,00 6,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM L-MAR	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
183T3080-1 FITTING FORCELLA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP004960-0 28,621	50 A-MON	12,00 12,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM C-VIS	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
V1235291214-001 HANDLE ASSY	C27J-06	P-C27J PROD-ASS	21OP004973-0 28,617	10 A-MON	4,00 4,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-VIS	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
183T2034-1 HINGE FTG TRIPLETTA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP005022-0 28,406	130 A-MON	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS C-VIS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
183T2034-1 HINGE FTG TRIPLETTA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP005022-0 28,406	150 A-VER	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS L-MAR	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4400-908 MAIN RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	21OP005136-0 28,412	50 A-VER	2,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM L-MAR	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53001-0007 WING BOX, FRONT SPAR ASSY - LH SPAR PDU	JSF GG	P-JSF PROD-ASS	21OP005241-0 -8,580	60 A-MON	1,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM C-VIS	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

PN Descrizione Nickname	Commessa Aspetto	Cod.Prod. Cod.Famiglia	OdL Giorni Rit.	N.Oper. Cod.Oper.	Q.tà Ril. Q.tà Ric.	Settimana	Orig. - Dest. -	Cod.Oper. Cod.Oper.	PdC PdC	Compl. Compl.
2WSH53001-0007 WING BOX, FRONT SPAR ASSY - LH SPAR PDU	JSF GG	P-JSF PROD-ASS	21OP005242-0 -23,650	130 A-VER	1,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS C-VIS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53001-0007 WING BOX, FRONT SPAR ASSY - LH SPAR PDU	JSF GG	P-JSF PROD-ASS	21OP005243-0 -30,485	100 A-MON	1,00 1,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM A-MON	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53002-0007 WING BOX, FRONT SPAR ASSY - RH SPAR PDU	JSF GG	P-JSF PROD-ASS	21OP005245-0 -14,368	130 A-VER	1,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS C-VIS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53103-0003 RIB, WING BOX - STA 3, INBD, BL 111.0 CHITARRA	JSF P	P-JSF PROD-ASS	21OP005248-0 -6,381	10 A-MON	3,00 3,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53108-0003 RIB WING BOX - STA 9, OUTBD, BL 129.0 CHITARRA	JSF P	P-JSF PROD-ASS	21OP005251-0 -20,495	10 A-MON	1,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
113T6144-901 FREE PASS FTG ASSY PIATTO PICCOLO	B767 P	P-B767 PROD-ASS	22OP000074-0 -12,615	70 A-VER	6,00 6,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-VIS L-MAR	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4604-942 ACT RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	22OP000080-0 1,430	10 A-MON	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4605-941 ACT RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	22OP000081-0 1,445	50 A-VER	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM L-MAR	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
114T4606-942 ACT RIB ASSY CENTINA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	22OP000084-0 -9,687	10 A-MON	6,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
183T3080-1 FITTING FORCELLA	B767 P	P-B767 PROD-ASS	22OP000089-0 -11,577	50 A-MON	5,00 0,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	C-DIM C-VIS	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53129-0007 RIB, WING BOX, STA 2, OUTBD, BL 175.5 CHITARRA	JSF M	P-JSF PROD-ASS	22OP000090-0 -4,545	10 A-MON	1,00 1,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2-23225-510 RIB - MLG UPLOCK, Aluminium mechanical	T38 M	P-T38 PROD-ASS	22OP000108-0 7,327	10 A-MON	2,00 2,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2WSH53134-0018 RIB, WING - STA 11, ASSY OF RAGNO	JSF G	P-JSF PROD-ASS	22OP000156-0 -11,662	10 A-MON	4,00 4,00	4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L-PRS C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

PN Descrizione Nickname	Commessa Aspetto	Cod.Prod. Cod.Famiglia	OdL Giorni Rit.	N.Oper. Cod.Oper.	Q.tà Ril. Q.tà Ric.	Settimana	Orig. - Dest. -	Cod.Oper. Cod.Oper.	PdC PdC	Compl. Compl.
2WBH00703-0003 BRACKET, AEM BAND 3/4, LH ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000281-0	30	1,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	PP	PROD-ASS	-4,464	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04466-0001 BRACKET, SUPPORT - ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000283-0	10	2,00	4	<input type="checkbox"/>	L-PRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-4,418	A-MON	0,00		<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04466-0001 BRACKET, SUPPORT - ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000283-0	30	2,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-4,418	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04467-0001 BRACKET, SUPPORT - ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000284-0	10	5,00	4	<input type="checkbox"/>	L-PRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	3,303	A-MON	0,00		<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04467-0001 BRACKET, SUPPORT - ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000284-0	30	5,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	3,303	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04639-0003 BRACKET, ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000285-0	30	1,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-3,550	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04640-0003 BRACKET, ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000287-0	10	2,00	4	<input type="checkbox"/>	L-PRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-20,500	A-MON	0,00		<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04641-0001 BRACKET, ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000289-0	10	2,00	4	<input type="checkbox"/>	L-PRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-10,669	A-MON	0,00		<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04641-0001 BRACKET, ASSY OF ALFA - ATTR 1200	JSF	P-JSF	22OP000289-0	30	2,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-10,669	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04642-0001 BRACKET, ASSY OF BRACKET	JSF	P-JSF	22OP000291-0	10	4,00	4	<input type="checkbox"/>	L-PRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-4,444	A-MON	0,00		<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04643-0001 BRACKET, ASSY OF	JSF	P-JSF	22OP000293-0	30	1,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	P	PROD-ASS	-18,558	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WBH04644-0001 BRACKET, ASSY OF BRACKET	JSF	P-JSF	22OP000296-0	30	6,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	PP	PROD-ASS	3,295	A-VER	0,00		<input type="checkbox"/>	C-VIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2WSH23002-0015 BULKHEAD, ASSY OF - FS45 BLK450	BLK450	P-JSF	22OP000302-0	30	1,00	4	<input type="checkbox"/>	C-FUN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	GG	PROD-ASS	-3,459	A-ALE	0,00		<input type="checkbox"/>	C-DIM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.11 prime 3 pagine dispatch list gruppo risorsa IAS01-11 periodo 24/01/2022 – 28/01/22

Come si può notare la dispatch list consegnata al responsabile del gruppo risorsa IAS01-11 non ha informazioni né relative a qual è il montatore assegnato per svolgere un'operazione né il tempo effettivo che impiegherà per svolgere l'operazione.

Si può verificare il caso nel quale un pezzo segnato a sistema come presente nel centro di lavoro in realtà non lo sia. Per svariati motivi può verificarsi questa situazione, il più ovvio è il rallentamento in una o più fasi a monte del montaggio rispetto ai tempi preventivati dallo schedulatore. C'è infatti da considerare che lo schedulatore analizza la situazione all'inizio della settimana e non può prevedere le evoluzioni che ne deriveranno in futuro. Qualora un pezzo segnato al montaggio non sia in realtà presente l'operatore svolgerà le lavorazioni sul pezzo successivo presente in graduatoria.

Si è notata inoltre la possibilità che il gruppo risorsa termini anticipatamente tutte le operazioni della settimana presenti nella dispatch list, la soluzione più ovvia è quella di allungare il periodo preso in considerazione dalla dispatch list. Per una soluzione più strutturata è in procinto un progetto per trasmettere ai gruppi risorsa dispatch list in formato digitale. Questo non solo risolverebbe questo problema, ma permetterebbe aggiornamenti in tempo quasi reale della graduatoria delle richieste su cui si basa la dispatch list dando in "mano" alla risorsa un piano di schedulazione sempre corretto che terrebbe in considerazione le evoluzioni che si verificano nel corso della settimana.

6.4 Schedulazione Risorse Macchina

Come riportato in figura 6.01 dopo il lancio dell'ordine di lavoro da parte del pianificatore e la conferma di una start date per l'OdL, lo schedulatore procede all'allocazione delle risorse per ogni operazione che l'ordine di lavoro deve effettuare. Solo schedulatore ed APS considerano le risorse per la pianificazione.

La schedulazione delle risorse macchina presenta molte più criticità di quella relativa alle risorse uomo.

In primis occorre considerare che una risorsa macchina ha un allocation type di tipo permanent. Quando la risorsa interrompe la sua lavorazione il lavoro sul carico si ferma e non può riprendere fino a quando la risorsa non torna in turno. Le interruzioni su macchina

possono essere di svariato tipo, le più comuni sono ovviamente gli interventi di manutenzione. Infor permette di registrare a sistema tali interventi.

Qui sotto vengono riportate tutte le interruzioni per manutenzione, ordinaria e straordinaria, che ha subito la risorsa macchina 075.

Resource:
Alternative:

Fixed Asset Number:

Resource Type:

Planning
Shifts
Shift Exceptions
Maintenance
Tooling
Machine
Service
OEE

#	Maintenance ID	Shift Exception ID	Description	Start Date	End Date	Work the Shift
1		VC-manut006	Installazione EM 100kW	07/07/2021 08:00:00	09/07/2021 14:00:00	Down Time
2		VC-manut.001	Installazione EM 100KW e geometrie	08/03/2021 00:00:00	16/03/2021 00:00:00	Down Time
3		VC-manut.002	Installazione EM 100KW e geometrie	08/03/2021 00:00:00	16/03/2021 00:00:00	Down Time
4		VC-manut.003	Installazione EM 100KW e geometrie	08/03/2021 00:00:00	16/03/2021 00:00:00	Down Time
5		VC-manut004	Installazione EM 100kW	07/07/2021 08:00:00	09/07/2021 14:00:00	Down Time
6		VC-manut005	Installazione EM 100kW	07/07/2021 08:00:00	09/07/2021 14:00:00	Down Time
*						

Figura 6.12 manutenzioni e installazioni su risorsa di tipo macchina numero 075.

Tali interruzioni non possono essere trascurate e occorre tenerne conto anche nella schedulazione delle risorse macchina. Il modulo standard “Shift Exceptions” presente in Infor per ogni risorsa consente di registrare tutte le interruzioni, anche future. L.M.A. s.r.l. ha iniziato dallo scorso anno a segnalarle, i capi produzione che si occupano della manutenzione delle macchine compilano a sistema tali campi. Questo è significativamente importante per avviare la pianificazione delle risorse macchina, senza questo passaggio il sistema avrebbe generato errori alla prima interruzione.

Inoltre, occorre considerare il problema del setup. Se per le risorse uomo il setup non è rilevante, viene stimato di qualche decina di minuti, per le macchinazioni i tempi di set up legati prevalentemente ai tempi di attrezzaggio delle macchine CNC possono arrivare a durare ore e possono essere superiori anche ai tempi di run.

Infor prevede due metodologie, definite Setup Rule, per considerare il setup da applicare alle operazioni di un ordine di lavoro:

- Always: l'operazione richiede sempre che la risorsa effettui il setup, indipendentemente dall'item precedente su cui la risorsa stava lavorando.
- Basis: l'operazione ha bisogno che la risorsa effettui il setup solo quando l'operazione precedente che utilizzava la risorsa stava lavorando su un item diverso o set up group diverso.

Se il campo Setup Rule è impostato su Basis, occorre ancora quindi definire in base a cosa considerare il setup. Le opzioni sono due:

- Item: applica il tempo di setup solo quando la precedente operazione che utilizzava la risorsa stava lavorando su un item diverso.
- Set up Group: applica il tempo di setup solo quando l'operazione precedente stava lavorando su un item che è membro di un Setup Group diverso dall'item su cui la risorsa stava lavorando.

Per le operazioni che deve svolgere la risorsa uomo il tempo di set up è di tipo always. Per una risorsa uomo il tempo di setup, ossia il tempo di prendere il pezzo, leggere le informazioni su carta sui passaggi da effettuare, compilare i campi a sistema, deve essere considerato per ogni item, indipendentemente dall'item lavorato in precedenza. Anche se si tratta dello stesso item e della stessa operazione la risorsa deve comunque ripetere i passaggi.

Per le operazioni che deve compiere una risorsa macchina la questione è molto più complicata. Se due item, anche aventi codice diverso, svolgono operazioni per cui è richiesto lo stesso attrezzaggio il tempo di set up non va considerato. Trattandosi di tempi di set up che possono richiedere ore non si può non tenerne conto, motivo per il quale non può essere presa in considerazione l'ipotesi di setup rule "always" che porterebbe il calcolatore dello schedulatore a contare ore di setup anche quando queste non sono necessarie. Considerare come setup always darebbe risultati molto distorti rispetto alla

realtà.

La soluzione più ovvia è sembrata inizialmente quella di porre come set up rule “basis” con l’opzione “item” per tutte le operazioni macchina. Occorre infatti un’opportuna parametrizzazione del campo dei gruppi setup per utilizzare la soluzione “Group Setup” che avrebbe comportato il conteggio del setup solo qualora l’item lavorato fosse appartenuto ad un diverso gruppo setup. Ma anche queste soluzioni portano a risultati distorti dalla realtà. Il motivo è la complessità dei flussi che avvengono all’interno della produzione di L.M.A. s.r.l.

Si riporta sotto il ciclo di produzione relativo alle macchinazioni che deve svolgere una Bulkhead – FS 425.

Operation Code	WC Description	Item Description	Sched Driver
M-SGR-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-2	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-3	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-4	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-5	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-6	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-7	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-SGR-8	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-FIN-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-FIN-2	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-FIN-3	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine
M-FIN-4	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine

Tabella 6.10 ciclo produttivo macchinazioni Bulkhead – FS 425

Come si può notare dalla estrazione 6.10 un ciclo produttivo, in questo caso di un macchinato Bulkhead, ma vale per la stragrande maggioranza dei macchinati di L.M.A. s.r.l., presenta diverse fasi di macchinazione. Alle diverse fasi può corrispondere un diverso tipo di attrezzaggio. Escludendo le fasi di M-TAS che sono fasi di “tastatura”, ossia operazioni di

controllo e rilevamento di deformazioni, le fasi di macchinazione sono le fasi di sgrossatura e finitura. Per quanto riguarda il ciclo di una Bulkhead FS- 425 vi sono 5 tipi di attrezzaggio diverso che comportano un setup significativo. Gli attrezzi di fresatura utilizzati sono:

- 18F per fase di Sgrossatura 1
- 18F1 da fase di Sgrossatura 2 a fase di Sgrossatura 6
- 18F2 da fase di Sgrossatura 7 a fase di Finitura 1
- 18F3 per fase di Finitura 1 e Finitura 2
- 18F4 per fase di Finitura 4

Quindi pur trattandosi dello stesso item occorre considerare i cambi di attrezzaggio che avvengono per le diverse operazioni di macchinazione.

La soluzione più semplice poteva essere quella di considerare un'unica grande fase di macchinazione e inserire all'interno come tempo di setup tutti i tempi degli attrezzaggi necessari. Questo avrebbe portato ad una facilitazione nell'utilizzo dello schedatore, ma avrebbe comportato diversi altri problemi. Ridurre la macchinazione ad un'unica fase non permetterebbe di verificare lo stato di avanzamento dell'ordine di lavoro. Essere in fase di Sgrossatura 1 o in fase di Finitura 4 cambia notevolmente i tempi rimanenti di completamento dell'OdL. Inoltre, non si avrebbe la tracciabilità delle risorse macchina che hanno effettuato le lavorazioni, non è raro che all'interno di uno stesso ordine di lavoro diverse operazioni di sgrossatura o finitura possano essere svolte su macchine differenti.

Considerando però solo le regole a disposizione date da Infor, si può utilizzare una Setup Rule di tipo "Basis" e un'opzione di tipo "item". In questo modo si applica il tempo di setup solo quando la precedente operazione che utilizzava la risorsa stava lavorando su un item diverso.

Applicando questa regola ad un ordine di lavoro Bulkhead si ottiene questo risultato:

Operation Code	WC Description	Item Description	Sched Driver	Run Duration	Setup Hours	Setup Resource Group	Setup Rule	Setup Basis
M-SGR-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	6,7	4	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-2	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	2,6	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-3	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	9,8	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-4	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	8,2	0	IFR02-22	Basis	Item
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	0,17	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-5	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	6,5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-6	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	6,5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	0,5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-7	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	10,1	0	IFR02-22	Basis	Item
M-SGR-8	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-TAS-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	0,5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-FIN-1	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	2,5	0	IFR02-22	Basis	Item
M-FIN-2	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	21	0	IFR02-22	Basis	Item
M-FIN-3	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	14	0	IFR02-22	Basis	Item
M-FIN-4	FRESATURA 5 ASSI	BULKHEAD - FS 425.00	Machine	14	0	IFR02-22	Basis	Item

Tabella 6.11 ordine di lavoro di Bulkhead – FS 425 con setup rule Basis e Opzione Item

Dall'estrazione si evince come la regola non riesca a tener conto dei diversi tipi di attrezzaggio che deve fare l'item. La regola considera solo la possibilità o meno che l'item che svolge l'operazione successiva sulla risorsa sia uguale o meno all'item precedente. In questo caso, quindi, attribuisce all'ordine di lavoro solo 4 ore di attrezzaggio, dovuti al cambio di item rispetto alla precedente lavorazione. Considerando 5 cambi di attrezzaggio aventi un tempo stimato di 4 ore ciascuno, il totale dei setup avrebbe dovuto essere di 20 ore.

Siccome la somma dei run relativi alla produzione di una singola bulkhead è di 108 ore lavorative, il totale di produzione run + setup dovrebbe essere di 128 ore lavorative. Lo schedulatore, mediante questa regola errata ne attribuisce solo 112, ossia il 12.5% in meno.

Va considerato inoltre la possibilità che la risorsa processi successivamente di nuovo lo stesso item proveniente ovviamente da un altro ordine di lavoro. Trattandosi di operazioni consecutive svolte su elementi uguali lo schedulatore, tramite questa regola, non attribuirebbe nessun setup al nuovo ordine di lavoro. Sostanzialmente, si considera questa eventualità, non rara, che può verificarsi nel corso della produzione: la risorsa processa un ordine di lavoro 1 relativo ad item Bulkhead FS - 425 che termina con l'operazione di finitura

4 avente l'attrezzaggio 18F4. Il successivo ordine di lavoro 2 in coda è sempre relativo ad un item Bulkhead FS - 425. La prima operazione dell'OdL 2 è la Sgrossatura 1 avente come attrezzaggio il 18F. Quindi necessita di un cambio di attrezzaggio, ma lo schedulatore che analizza la situazione solo sugli item e non sulle operazioni vede lo stesso item e non attribuisce nessun tempo di setup. Tutte le altre operazioni verranno poi svolte senza tempo di setup. In definitiva l'OdL 2 a sistema risulterà come completato in 108 ore invece che 128 ore, con una distorsione rispetto alla realtà di 20 ore, 2.5 turni di lavoro. Una schedulazione delle risorse macchina sbagliata comporta poi che le schedulazioni successive delle risorse uomo siano sbagliate. È ovvio che se lo schedulatore pianifica la fine delle operazioni macchina 20 ore prima della sua fine reale significa che a sistema risulterà una richiesta di carico all'operazione successiva, generalmente il collaudo, quando in realtà il pezzo effettivamente arriverà 20 ore dopo.

Se si moltiplicano queste ore per la totalità degli ordini di lavoro che hanno questa criticità si comprende come sia non proficuo utilizzare lo schedulatore per l'allocazione delle risorse macchina con le attuali regole presenti in Infor.

Come già scritto in precedenza Infor è stato il sistema gestionale scelto in particolare per la sua flessibilità. Esso, infatti, permette di avere un software con strumenti espandibili per la personalizzazione. Per l'ottimizzazione dei setup nella schedulazione degli ordini di lavoro nelle attività di tipo macchina, si è formulata all'azienda Infor la richiesta di poter definire delle regole di setup più sofisticate rispetto alla regola "Always" e a quella "Basis" con l'opzione "Group Setup" o "Item". Grazie alle competenze tecniche di programmazione degli ingegneri presenti in L.M.A. s.r.l. e alla consulenza tecnica di Infor si è arrivati alla definizione di una nuova regola.

Le regole standard prendevano in considerazione già due elementi presenti in Infor, ossia item e group setup, quest'ultimo presente in Infor come modulo ma ancora non parametrizzato.

Oltre ad essi sono stati, quindi, aggiunti o implementati dei campi già esistenti in LMA per migliorare l'algoritmo decisionale e far comprendere al sistema quando applicare il setup.

In definitiva, è stato implementato il “Codice Operazione”, ossia il codice che rappresenta esattamente il tipo di attività eseguita dalla macchina. Questo campo è stato aggiunto al codice articolo e al gruppo setup per definire il tipo di setup.

Infine, è stato introdotto il “COUNT SETUP (0/1)”, un campo binario da aggiungere in operazioni correnti e ODL al fine di indicare il cambio di attrezzaggio relativo a due operazioni consecutive eseguite sullo stesso item o gruppo set up.

Al termine della consulenza tra gli ingegneri di Infor e quelli di L.M.A. s.r.l. si è definito il seguente schema logico:

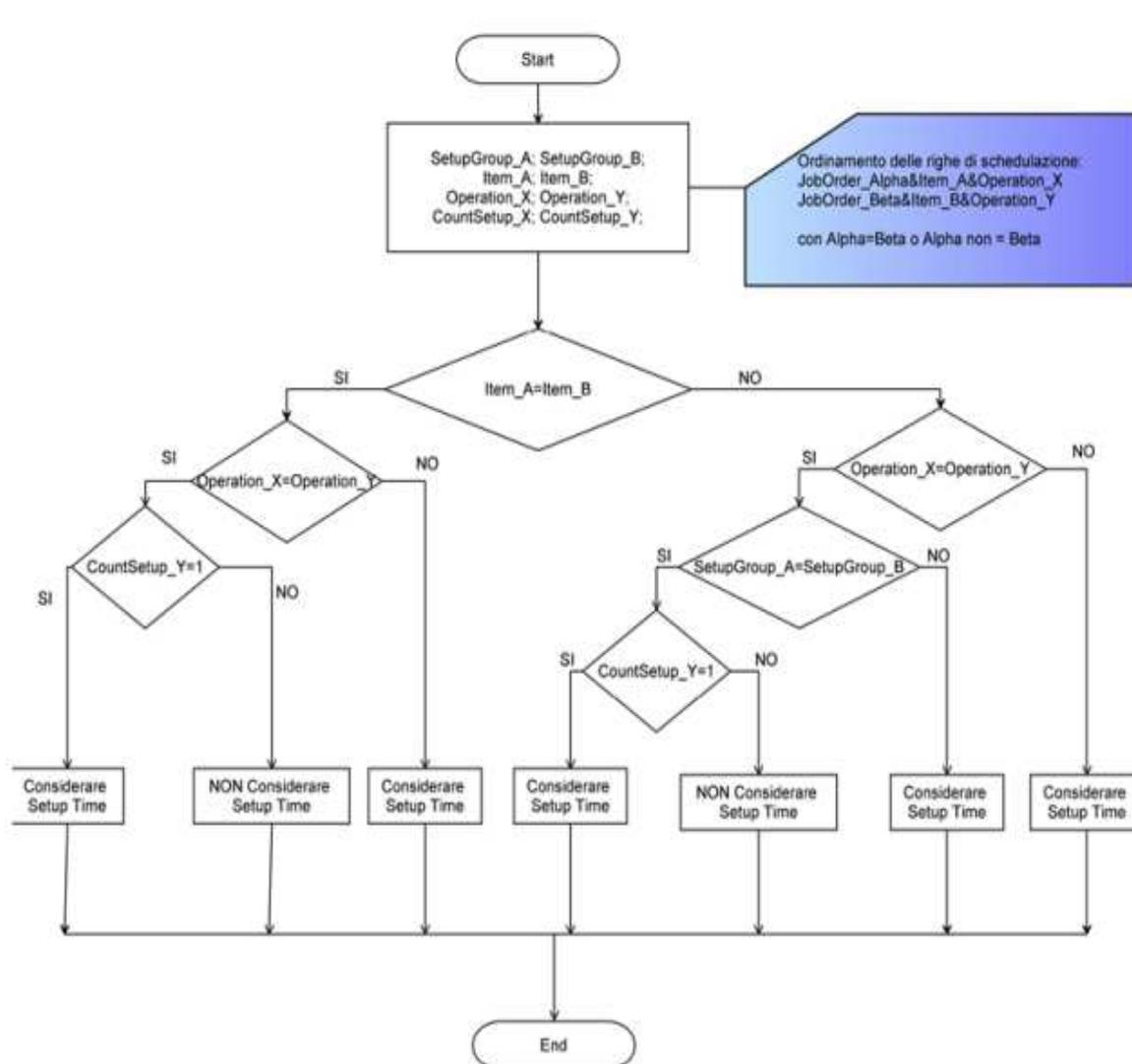


Figura 6.12 schema logico nuova regola set up

Come si denota dallo schema logico in figura 6.12 la nuova regola fa sì che lo schedatore non conti il Setup Time nell'operazione successiva in due casi. Il primo è che pur trattandosi di item differenti, il codice operazione sia uguale al precedente, il binario "Count Setup Time" sia a zero e le operazioni riguardino item appartenenti allo stesso Group Setup. Il secondo è che gli item siano uguali, le operazioni siano uguali e il "Count Setup" sia a zero.

Definita la regola di setup si è proceduto a definire regole di sequenziamento e selezione delle richieste in coda ad una risorsa al fine di ottimizzare il sequenziamento e la selezione delle richieste.

Utilizzando le stesse regole della risorsa uomo, ossia per il sequenziamento "La global selection rule" il più alto valore di priorità, intendendo sempre come più alta la priorità di un carico più è basso il numero assegnatogli come Priority. Per le "selection rule", ossia per le regole che definiscono il ranking all'interno della coda delle richieste si hanno le "tiered selection rule", vale a dire per determinare il ranking nelle richieste della coda vengono definite ulteriori tre regole. La prima è la sequencing rule, ossia il valore della priorità. La seconda è la "earliest due date" e la terza è "FIFO". Quindi la prima richiesta che verrà selezionata dalla coda per essere allocata alla risorsa che si è liberata è quella con il valore di priorità più alta. A parità di priorità si va a vedere l'end date, quelle con scadenza più ravvicinata sono schedate per prima, infine a parità anche di end date si procede all'allocazione della richiesta che per prima era entrata nella coda.

Si prende in considerazione la fresa 3 assi Matsura, risorsa 037, in cui sono lavorati i macchinati della Front Spar vista in precedenza per la schedulazione uomo.

Utilizzando tali regole si ottiene questa estrazione per le schedulazioni relative al periodo che va dal 07/02/2022 al 18/02/2022 relativo alla risorsa 037.

Job	Item	Resource	Priority	Qty Released	End Date	Operation	Type	Hours	Setup Remaining Hours	Run Hours Remaining
22OP000126	2WSH53527-0003	37	98	7	07/02/2022	20 Setup		2	2	1,63
22OP000126	2WSH53527-0003	37	98	7	07/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
21OP004796	J94345517-001	37	98	10	07/02/2022	25 Setup		1	1	1,2
21OP004796	J94345517-001	37	98	10	07/02/2022	25 Run		1,2	0	1,2
22OP000125	2WSH53527-0003	37	98	7	09/02/2022	10 Setup		2	2	1,63
22OP000125	2WSH53527-0003	37	98	7	09/02/2022	10 Run		1,63	0	1,63
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	20 Setup		0,5	0,5	0,8
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	20 Run		0,8	0	0,8
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	20 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	20 Run		2,5	0	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	30 Run		2,5	0	2,5
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	30 Run		2,5	0	2,5
22OP000319	J57165600-001	37	98	2	09/02/2022	10 Setup		1,1	1,1	1,5
22OP000319	J57165600-001	37	98	2	09/02/2022	10 Run		1,5	0	1,5
22OP000405	2-23262-8	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	1,6
22OP000405	2-23262-8	37	98	10	09/02/2022	30 Run		1,6	0	1,6
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		2	2	1,98
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000506	2WSH53527-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Setup		2	2	1,63
22OP000506	2WSH53527-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Setup		2	2	1,98
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000400	2WSH53556-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000400	2WSH53556-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000127	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		2	2	1,98
22OP000127	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000127	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	20 Setup		0	0	1,98
22OP000127	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000402	J57165600-001	37	98	3	14/02/2022	10 Setup		1,1	1,1	1,5
22OP000402	J57165600-001	37	98	3	14/02/2022	10 Run		1,5	0	1,5
22OP000132	2WSH53556-0003	37	98	7	17/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000132	2WSH53556-0003	37	98	7	17/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
21OP005900	J94345517-001	37	98	5	18/02/2022	25 Setup		1	1	1,2
21OP005900	J94345517-001	37	98	5	18/02/2022	25 Run		1,2	0	1,2
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1,5	1,5	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1,5	1,5	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000129	2WSH53529-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000129	2WSH53529-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000130	2WSH53530-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000130	2WSH53530-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98

Tabella 6.12 estrazione schedulazione 3 AX Matsura primo algoritmo periodo 07/02 - 18/02

Da questa estrazione si nota come lo schedulatore, utilizzando questo algoritmo, non ottimizza i cambi di attrezzaggio. A differenza delle risorse uomo dove il tempo di setup non è significativo per le risorse macchina lo è. Per queste schedulazioni della risorsa macchina 037 il tempo di setup totale è di 32.5 ore. Il totale del tempo di run relativo a questi ordini di lavoro è di 54.43 ore lavorative. Ciò significa che il totale per le operazioni che devono essere svolte sulla risorsa 037 nel periodo 07/02/22 - 18/02/22 richiedono in totale 86.83 ore di lavorazione. Quindi oltre il 37% delle ore necessarie per svolgere le lavorazioni sono ore spese per l'attrezzaggio macchine.

È evidente che occorre trovare un'euristica che ottimizzi l'ordine delle richieste con il fine di ridurre il tempo di set up e avere così più ore a disposizione di run.

Per ottimizzare l'algoritmo si è provveduto pertanto a modificare le 3 regole di selezione. Fermo restando l'importanza di tenere come prima regola il più alto valore di priorità, rimane fondamentale processare per primi gli ordini di lavoro ritenuti più prioritari, come seconda "tiered selection rule" si è messo "Minimum Setup" e come terza "earliest due date". Con questo algoritmo per richieste con parità di priorità si privilegia la selezione di quelle che non comportano un cambiamento di attrezzaggio.

Analizzando gli stessi job order sulla macchina 037 si è proceduto ad andare a verificare le modifiche e ad analizzarle.

Job	Item	Resource	Priority	Qty Released	End Date	Operation	Type	Hours	Setup Remaining Hours	Run Hours Remaining
22OP000126	2WSH53527-0003	37	98	7	07/02/2022	20 Setup		2	2	1,63
22OP000126	2WSH53527-0003	37	98	7	07/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000125	2WSH53527-0003	37	98	7	09/02/2022	10 Setup		0	0	1,63
22OP000125	2WSH53527-0003	37	98	7	09/02/2022	10 Run		1,63	0	1,63
22OP000506	2WSH53527-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		2	2	1,63
22OP000506	2WSH53527-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,63	0	1,63
21OP004796	J94345517-001	37	98	10	07/02/2022	25 Setup		1	1	1,2
21OP004796	J94345517-001	37	98	10	07/02/2022	25 Run		1,2	0	1,2
21OP005900	J94345517-001	37	98	5	18/02/2022	25 Setup		0	0	1,2
21OP005900	J94345517-001	37	98	5	18/02/2022	25 Run		1,2	0	1,2
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	20 Setup		0,5	0,5	0,8
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	20 Run		0,8	0	0,8
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	20 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	20 Run		2,5	0	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004926	2-23254-7	37	98	10	09/02/2022	30 Run		2,5	0	2,5
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	2,5
21OP004928	2-23254-8	37	98	10	09/02/2022	30 Run		2,5	0	2,5
22OP000319	J57165600-001	37	98	2	09/02/2022	10 Setup		1,1	1,1	1,5
22OP000319	J57165600-001	37	98	2	09/02/2022	10 Run		1,5	0	1,5
22OP000402	J57165600-001	37	98	3	14/02/2022	10 Setup		0	0	1,5
22OP000402	J57165600-001	37	98	3	14/02/2022	10 Run		1,5	0	1,5
22OP000405	2-23262-8	37	98	10	09/02/2022	30 Setup		0,2	0,2	1,6
22OP000405	2-23262-8	37	98	10	09/02/2022	30 Run		1,6	0	1,6
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		2	2	1,98
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000128	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	10 Setup		0	0	1,98
22OP000128	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Setup		2	2	1,98
22OP000507	2WSH53528-0003	37	98	7	11/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000128	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	20 Setup		0	0	1,98
22OP000128	2WSH53528-0003	37	98	7	14/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000400	2WSH53556-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000400	2WSH53556-0003	37	98	7	11/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		0	0	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000132	2WSH53556-0003	37	98	7	17/02/2022	10 Setup		0	0	1,98
22OP000132	2WSH53556-0003	37	98	7	17/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1,5	1,5	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		0	0	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1,5	1,5	1,98
22OP000511	2WSH53558-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,98
22OP000131	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		0	0	1,98
22OP000508	2WSH53555-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,98	0	1,98
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000509	2WSH53556-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000129	2WSH53529-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000129	2WSH53529-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000130	2WSH53530-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000130	2WSH53530-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Setup		1	1	1,98
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	10 Run		1,98	0	1,98
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Setup		1	1	1,63
22OP000510	2WSH53557-0003	37	98	7	18/02/2022	20 Run		1,63	0	1,63

Figura 6.13 schedulazione con set up a zero ottimizzazione dei setup

Tramite un'ottimizzazione dell'algoritmo, andando a considerare gli attrezzaggi uguali a parità di priorità, si ottiene questa situazione. Le righe evidenziate in giallo sono le righe che vengono spostate avanti dal calcolatore al fine di ridurre al minimo il tempo del setup. Si nota inoltre che in alcune situazioni le operazioni relative allo stesso ordine di lavoro vengono svolte in momenti separati. Questo è dovuto all'introduzione del "Count Setup" inserito e discusso in precedenza. Pur trattandosi dello stesso item, infatti, avendo operazioni diverse la richiesta non viene spostata e messa in successione. Questo perché operazioni diverse anche sullo stesso item richiedono attrezzaggi diversi, quindi svolgerle consecutivamente non reca nessun vantaggio.

Andando ad analizzare le schedulazioni che si ottengono con il secondo algoritmo, quello pensato per ottimizzare la riduzione dei tempi di setup, si nota come lo schedulatore abbia modificato le posizioni relative a 9 richieste, ossia ha spostato in avanti 9 operazioni nel ranking al fine di diminuire il tempo di setup totale.

In definitiva il tempo di setup totale del secondo metodo è di 22.4 ore contro le 32.5 del precedente metodo. Una diminuzione del 31% dei tempi. Così facendo il tempo totale run + setup nel secondo metodo risulta di 76.83 rispetto alle 86.93 ore lavorative. Un risparmio di oltre 10 ore lavorative sulla risorsa 037 nelle due settimane considerate. Si ritiene pertanto che questo sia l'algoritmo ideale e che esso debba essere implementato su tutte le risorse macchina.

Occorre, però, con questo nuovo metodo un'attenzione ancora superiore da parte dei pianificatori in quanto le richieste potrebbero privilegiare troppo il risparmio del setup e spostare in fondo richieste da evadere con più urgenza. L'obiettivo deve sempre essere quello di minimizzare il tempo di setup facendo però in modo che nessuna consegna vada oltre scadenza. I pianificatori hanno la possibilità di spostare manualmente un job order in posizione più avanzata qualora lo ritengano necessario.

Infine, è necessario considerare che gli algoritmi che includono il tempo di setup dopo la priorità offrono benefici quasi esclusivamente su ordini di lavoro che hanno priorità forzate manualmente. Siccome le priorità non forzate manualmente sono funzione della end date è raro trovare due ordini di lavoro diversi aventi un critical ratio uguale. Su priorità non forzate manualmente l'end date continua, quindi, a essere un criterio predominante anche

in terza posizione nelle tiered selection rule in quanto è un parametro utilizzato per definire il critical ratio e di conseguenza la priorità.

Di recente sono state inserite come priorità manuali i valori 94 e 95. Con l'obiettivo di sfruttare algoritmi che ottimizzino maggiormente i tempi di setup, andando ad aumentare le ore di lavoro effettivo della macchina, si può prendere in considerazione l'idea di introdurre nuovi valori di priorità. Ad oggi i pianificatori forzano manualmente solo gli ordini di lavoro i cui pezzi necessitano di essere completati e venduti nel mese corrente e nel mese successivo al corrente. Quindi i mesi, oltre ai due citati in precedenza, hanno priorità definite dal critical ratio, quindi dipendono dalla end date. È difficile che per questi ordini di lavoro si abbia pertanto una priorità uguale e si possano di conseguenza ottimizzare i cambi di attrezzaggio. È però vero che si tratta di ordini la cui priorità verrà forzata manualmente in seguito e di conseguenza, entrando nei due mesi di fatturazione, gli ordini di lavoro saranno schedulati correttamente. Se si volesse aumentare la visibilità oltre i due mesi occorrerebbe aumentare le possibilità di forzatura manuale della priorità.

6.5 Altre funzionalità utilizzabili

Una delle funzionalità di Infor che attualmente non viene usata è l'utilizzo dei Co-Product e dei By-Products.

È possibile tramite queste funzioni, creare lavori che producano gruppi di item e non strettamente solo un articolo per ordine di lavoro.

Creando un gruppo, chiamato co-product mix, è possibile definire gli articoli co-product che possono essere prodotti insieme. Ogni mix di co-product deve contenere un co-prodotto principale. Il co-prodotto principale determina i valori predefiniti per il mix di co-prodotti.

Per identificare un item come co-prodotto principale in un mix di co-prodotti si seleziona il campo "Preferred Co-Product Mix" nel modulo "Items" per quell'articolo. Quando si crea poi successivamente un ordine di lavoro Co-Product, selezionando tale item come co-prodotto principale, automaticamente verranno definiti i co-product ulteriori che vengono creati con lo stesso OdL.

Le linee guida per utilizzare co-prodotti e sottoprodotti sono:

- I co-prodotti e i sottoprodotti risultanti da una commessa devono essere voci valide nel modulo "Items".
- Entrambi i tipi di costo effettivo e standard devono essere supportati per i co-prodotti e i sottoprodotti.
- I piani di produzione e le stime non sono supportati quando si usano i co-prodotti, ma sono supportati per i sottoprodotti.
- Il tracciamento dei lotti è supportato per i co-prodotti e i sottoprodotti, fondamentale nel mondo aerospaziale in cui per ogni produzione occorre tener traccia dei lotti di materiale grezzo utilizzato e dei lotti di produzione.
- Per MRP e APS, ogni articolo coprodotto in un lavoro co-prodotto viene visualizzato come una ricevuta in sospeso con lo stesso numero di lavoro. I sottoprodotti vengono visualizzati come requisiti negativi.

È possibile creare un ordine di lavoro di co-product manualmente, da un mix di coprodotti o da un precedente lavoro di co-product. È possibile, inoltre, apportare modifiche ad un ordine lavoro di co-product a livello di articolo della distinta base o a livello di mix di coprodotti.

In L.M.A. s.r.l. Co-product e By-product sono funzioni che possono essere particolarmente utili nei cosiddetti nesting incrociati, ossia quando ad esempio da una piastra si possono ricavare diversi tipi di part number. Ciò significa che dalla lavorazione di determinati codici di piastra si generano sempre più di un codice di items. Ad oggi il pianificatore deve ricordarsi tramite tabelle ed excel quali piastre o grezzi hanno nesting incrociati e quali e in che quantità i macchinati vengono prodotti.

Sotto vengono riportate le piastre JSF in cui si ritiene sia utile sfruttare la funzione Co-Product e By-product. Sono tutte piastre con nesting incrociato, quindi dalla lavorazione di una piastra si generano due o più codici di prodotto. Con l'introduzione dei co-product e la definizione di un co-prodotto principale il sistema svolgerà in automatico quello che il pianificatore è costretto a fare per il lancio degli ordini di lavoro relativi a queste piastre.

Piastra	Co-Prodotto Principale	Nesting PN	Nesting_piastra
PS06030008L1-A1	2WBH03403-0002	7 pz. 2WBH03403-0002 7 pz. 2WBH03404-0002	14
PS06030008L1-A2	2WSH63171-0002	1 pz. 2WSH63171-0002 1 pz. 2WSH63172-0002	2
PS06030008L1-A3	2WBH04639-0003	6 pz. 2WBH04639-0004 6 pz. 2WBH04640-0004	12
PS06030011L1-A2	2WSH53213-0001	2 pz 2WSH53214-0001 2 pz 2WSH53213-0001	4
PS06030011L1-A5	2WSH53223-0002	1 pz 2WSH53223-0002 1 pz 2WSH53224-0002	2
PS06030011L1-A6	2WSH53215-0003	1 pz. 2WSH53215-0003 1 pz. 2WSH53216-0003	2
PS06030042L1-A1	2WSH53131-0001	2 pz 2WSH53131-0001 2 pz 2WSH53132-0001	4
PS06030044L1-A1	2WBH04406-0001	7 pz. 2WBH04406-0002 7 pz. 2WBH04407-0002	14
PS06030044L1-A3	2WBH04466-0001	6 pz. 2WBH04466-0002 6 pz. 2WBH04467-0002	12
PS06030044L1-A4	2WBH00702-0005	6 pz. 2WBH00702-0006 6 pz. 2WBH00703-0004 6 pz. 2WBH00704-0004 6 pz. 2WBH00705-0004 6 pz. 2WBH00712-0006 6 pz. 2WBH00713-0004 6 pz. 2WBH00714-0004 6 pz. 2WBH00715-0004	48
PS06030045L1-A6	2WSH53121-0001	2 pz 2WSH53121-0001 2 pz 2WSH53122-0001	4
PS06030045L1-A8	2WSH53527-0002	7 pz 2WSH53527-0003 7 pz 2WSH53528-0003	14
PS06030045L1-A8	2WSH53529-0002	7 pz 2WSH53529-0003 7 pz 2WSH53530-0003	14
PS06030045L1-A8	2WSH53555-0002	7 pz 2WSH53555-0003 7 pz 2WSH53556-0003	14
PS06030045L1-A8	2WSH53557-0002	7 pz 2WSH53527-0003 7 pz 2WSH53528-0003	14
PS06030045L1-A9	2WSH53111-0002	2 pz 2WSH53111-0002 2 pz 2WSH53112-0002	4
PS06030046L1-A1	2WBH04631-0001	2 pz. 2WBH04631-0002 2 pz. 2WBH04632-0002	4
PS21250045L3-A1	2WBH04301-0003	2 pz. 2WBH04301-0003 2 pz. 2WBH04302-0003	4

Tabella 6.13 piastre JSF con nesting incrociato

Altre funzionalità non utilizzate sono il “lotto minimo” e il “lotto massimo” di produzione. Come si evince dalla estrazione sovrastante molti codici hanno intrinsecamente dei lotti minimi di produzione. Ad esempio, da un’unità di piastra PS21250045L3-A1 si producono 2 pz 2WBH04301-003 e 2 pezzi 2WBH04302-003. Ad oggi il pianificatore non solo deve pensare al nesting incrociato di quella piastra ma dovrà ogni volta per ogni item e per ogni ordine di lavoro ricordarsi il lotto minimo. Siccome Infor ha all’interno dell’anagrafica “Items” il campo lotto minimo è molto semplice introdurlo. La parametrizzazione di tutti gli item richiederebbe qualche ora di lavoro che sarebbe ampiamente ripagata da un enorme lavoro in meno da parte dei pianificatori. Qualora poi per specifici motivi si dovesse lanciare in produzione, ad esempio, un singolo pezzo 2WBH04301-003 dalla piastra PS21250045L3-A1 anche con l’introduzione del lotto minimo da 2 pezzi non vi sarebbero problemi. Si genererebbe un lotto di produzione da 2 pezzi e si procederebbe generando uno “staccato”, ossia la creazione di un OdL figlio con 1 pezzo trasferito dal padre. Sarebbe poi solo tale OdL figlio a proseguire nella produzione. Inoltre, nel caso in cui non si volesse ricorrere allo staccato vi è un’altra soluzione. Infor permette di modificare l’anagrafica “Items” molto agevolmente, quindi si potrebbe anche eliminare il lotto minimo, lanciare la produzione e ripristinare il lotto minimo.

Infine, si può dimensionare e introdurre la funzione dei lotti massimi. Essi possono essere pensati in base alle dimensioni dei gruppi risorsa in cui gli items vengono lavorati. Questa parametrizzazione richiederebbe sicuramente un tempo di lavoro superiore rispetto all’introduzione dei lotti minimi, ma permetterebbe di evitare sdoppiamenti di OdL dovuti all’eccessivo numero di pezzi mandati in lavorazione con un singolo OdL. L’introduzione del lotto massimo potrebbe essere utile anche per i grezzi e le materie prime.

CAPITOLO 7 – WILL BE

Questo capitolo conclusivo ha lo scopo di introdurre il concetto di APS. Esso si prefigura di comprenderne il funzionamento e le aree di interesse che andrebbero ad essere impattate con il suo pieno utilizzo. Questa tesi, che mira ad ottimizzare la pianificazione di L.M.A. s.r.l., si conclude con il WILL BE, ossia il come sarà in futuro la programmazione della produzione, e non solo, dell'azienda in questione. APS può essere considerato come l'ultimo step che raggiungerà L.M.A. s.r.l. nell'ottimizzazione della automazione dei suoi processi di pianificazione. Il livello di digitalizzazione che è stato raggiunto dall'azienda con il pieno utilizzo di MRP e schedatore, grazie anche al seguente lavoro di tesi, è già significativamente avanzato, soprattutto nel panorama italiano in cui la digitalizzazione non è ancora purtroppo così sviluppata. L'introduzione futura di APS renderà L.M.A. s.r.l. all'avanguardia nel contesto italiano e le permetterà di avere una pianificazione e una programmazione tale da poter espandersi in maniera strutturata, con un'adeguata valutazione dei rischi e della propria capacità produttiva.

7.1 Funzionamento di APS

APS è una funzionalità presente in Infor e una sua implementazione punta a migliorare il modello di pianificazione MRP + schedulatore. Esso è utilizzato per la pianificazione della domanda e considera come domanda esterna che deve essere soddisfatta questi elementi:

- Ordini dei clienti
- Previsioni di ordini futuri dei clienti
- Scorte di sicurezza
- Ordini di trasferimento da altri siti

APS, così come nella precedente metodologia fa MRP, punta a soddisfare tali richieste con quantità non ancora assegnate che derivano dall'inventario a disposizione, da eventuali consegne previste, quindi ordini di lavoro attivi, ordini di acquisto, ordini di richiesta materiale conto lavoro e rispettivi lanci di ordini di lavoro e, se questi non sono sufficienti, con nuovi ordini pianificati per produrre o acquistare items.

La grande differenza rispetto a MRP è che APS ha la capacità di integrare la schedulazione delle risorse e la soddisfazione dei fabbisogni. Esso abbina l'offerta alla domanda in questo modo:

- Pianifica ogni ordine separatamente
- Con un massimo di tre passaggi di pianificazione per ordine
- Crea nuovi ordini pianificati solo quando non ci sono scorte

La pianificazione tramite APS prevede tre passaggi che vengono effettuati conseguentemente:

PASSO 1: Backward plan

APS parte dalla due date e cerca di vedere se c'è abbastanza tempo per non bucare la consegna, ossia se vi è tempo sufficiente al giorno corrente rispetto ai tempi specificati nella distinta base e se è possibile ottenere i materiali richiesti per far avviare l'ordine di lavoro.

Se APS può allocare le risorse e i materiali di cui ha bisogno nelle date in cui calcola che saranno necessari, allora è riuscita a pianificare l'approvvigionamento per soddisfare la data della domanda e restituisce una projected date uguale alla data di scadenza. Se non può ottenere le risorse o i materiali di cui ha bisogno, allora eseguirà altri due passaggi di pianificazione.

PASSO 2: Forward plan

Se il materiale non è disponibile per soddisfare la domanda richiesta allora il primo passaggio di pianificazione fallisce e APS farà una pianificazione in avanti a partire dalla data che crede sia la data corrente per vedere quando può spedire la fornitura per soddisfare la domanda. Sostanzialmente, APS considera non solamente il tempo per effettuare tutte le operazioni necessarie a completare un ordine di lavoro, ma considera anche quando arriveranno le forniture di materie prime e pianifica l'inizio delle operazioni in base a questi arrivi. La stessa elaborazione è fatta per la capacità delle risorse. Le operazioni vengono schedate solo se sono libere delle risorse che possono svolgerle. In questo passo APS fa iniziare le operazioni quando la materia prima per essa è disponibile e almeno una risorsa per effettuare tale operazione è libera, in base a queste informazioni elabora una projected date per ogni ordine di lavoro. Questa data verrà ottimizzata al passo 3.

PASSO 3 Backward plan

Lo scopo del piano previsionale è di arrivare a una data proiettata fattibile. Poiché APS è costruita per attuare i principi di lean, cerca di utilizzare risorse e materiali solo quando ne ha bisogno. Così dopo il piano previsionale, APS eseguirà un piano finale a ritroso per implementare i principi JIT basati sull'ordine priorità. APS restituirà sempre una data prevista a cui si è arrivati usando la pianificazione snella a ritroso. APS, quindi, rimuove lo slack in ogni operazione. L'algoritmo della pianificazione "a ritroso" calcola una projected date "worst-case" e durante quest'ultimo passo APS cerca anche di vedere se può migliorare quella data. Esso cerca di migliorare la data prevista con questo passaggio di pianificazione finale e restituisce sempre la projected date calcolata con il piano finale a ritroso.

7.2 APS e schedulazione a Finite o Infinite Capacity

Una delle decisioni fondamentali che occorrerà prendere per l'implementazione di APS è quella di definire se la pianificazione delle risorse dell'azienda dovrà avvenire a capacità finita o infinita. Tale decisione incide significativamente sulle date promesse ai clienti.

La capacità infinita è definita come il metodo di pianificazione che non considera alcun vincolo relativo a capacità o a materiali. La pianificazione a capacità infinita si basa sul presupposto che non esistono vincoli critici. In altri termini, si presuppone che sia sempre possibile trovare o recuperare la necessaria capacità di risorse e i materiali necessari per la produzione di un articolo. La pianificazione a capacità infinita risulta particolarmente utile nelle situazioni che consentono un'aggiunta flessibile di capacità delle risorse e un'agevole fornitura di componenti.

Il vantaggio di utilizzare una pianificazione a capacità infinita è che in molti casi le aziende hanno una capacità flessibile. E preferirebbero flettere la loro capacità piuttosto che dire ai clienti che non possono spedire gli ordini prima. L.M.A. s.r.l. è una di queste, ad essa occorre che APS dica loro quando e dove sono in eccesso di capacità per poi riuscire a comprendere come flettere la loro capacità per soddisfare i bisogni.

La pianificazione a capacità finita tiene, invece, in considerazione i limiti e i vincoli delle risorse in gioco e dei materiali. Tale pianificazione elimina la possibilità di utilizzare flessibilità delle risorse in caso di domanda che ecceda le capacità aziendali. L'obiettivo della schedulazione a capacità finita è quello di far sì che le operazioni procedano ad un ritmo efficiente e possibilmente livellato, in maniera da eliminare i colli di bottiglia. La pianificazione a capacità finita garantisce di prevedere dei lead time reali dei lavori più accurati e di avere tempi di consegna più affidabili rispetto a quella a capacità infinita. Ovviamente la capacità finita richiede accuratezza assoluta nella quantificazione delle risorse e nella loro capacità.

La pianificazione a capacità infinita non è da intendere come un limite del software di pianificazione della produzione e delle sue euristiche. Infor infatti mette a disposizione entrambe le metodologie. La capacità infinita non è da fraintendere pensando che sia una pianificazione con una potenzialità di calcolo inferiore. Tale pianificazione serve a verificare i fabbisogni di ulteriore capacità produttiva e utilizzando queste analisi è possibile decidere

se aggiungere capacità interna, acquistare capacità o spostare i carichi nel tempo, eventualmente accettando ritardi di consegna.

7.3 Lead Time APS

Un'altra grande differenza di APS è la possibilità di utilizzare diversi tipi di lead time di consegna. Esso permette in determinate situazioni di calcolare in aggiunta a Fixed Lead Time, Variable Lead Time, Dock-To-Stock Lead Time anche Expedited Fixed Lead Time, Expedited Variable Lead Time e Paper Work Lead Time.

Gli expedited lead time consentono di promettere un tempo di consegna che è inferiore rispetto a quella standard. Per casi speciali in cui è necessario ridurre il tempo di consegna normale, è possibile utilizzare le funzioni di tempo di consegna accelerato. APS utilizza il tempo di consegna accelerato, ossia gli expedited lead time, quando la pianificazione iniziale utilizzando il tempo di consegna standard proietta una data di lancio ordine di lavoro o richiesta ordine di acquisto nel passato nel passato.

Il campo "Use Expedited Lead Time" è una funzionalità che Infor permette di utilizzare solo in caso di implementazione di APS. Tale campo abilita o disabilita l'applicazione dei tempi di consegna accelerati all'applicazione di tempi di consegna accelerati a livello di articolo e la riduzione globale del tempo di consegna.

Se Expedited Fixed Lead Time contiene un valore, il calcolo del tempo di consegna è:

$$\text{Start/Release Date} = \text{Due Date} - \text{EFLT} + (\text{VLT} * \text{Quantity})$$

Durante la pianificazione, il sistema calcola il lead time totale con questa formula:

$$\text{Data di inizio/rilascio} = \text{Data di scadenza} - (\text{FLT} - \text{FLTR}) + ([\text{VLT} - \text{VLTR}] * \text{Quantità})$$

dove:

- EFLT = Expedited Fixed Lead Time
- FLTR = Fixed Lead Time Reduction
- EFLT = Expedited Variable Lead Time per singolo pezzo
- VLTR = Variable Lead Time Reduction

A seconda della combinazione di opzioni e valori selezionati, ci possono essere altre combinazioni della formula del lead time, come ad esempio:

$$\text{Start/Release Date} = \text{Due Date} - (\text{FLT} - \text{FLTR}) + (\text{VLTR} * \text{Quantità})$$

oppure

$$\text{Start/Release Date} = \text{Due Date} - \text{EFLT} + ([\text{VLT} - \text{VLTR}] * \text{Quantità})$$

Sostanzialmente occorre tener presente che Fixed/Variable Lead Time Reduction riducono i tempi di consegna standard, mentre i valori Expedited Fixed/Variable Lead Time specificati nel modulo "Items" sostituiscono effettivamente i tempi di consegna standard.

7.4 Scenari WHAT IF

Durante l'analisi della pianificazione, potrebbe essere necessario indagare sulle azioni correttive prima di eseguirle all'interno del piano di produzione corrente e della pianificazione. È possibile, eseguendo APS Planner, vagliare diverse alternative al fine di pianificare nella maniera più ottimizzata possibile. Ogni alternativa rappresenta uno scenario da analizzare. Al fine di prendere le migliori scelte strategiche si progettano diverse alternative per studiare un insieme di opzioni fattibili e vedere come i cambiamenti proposti possono eventualmente influenzare il plan iniziale prima di metterli effettivamente in produzione. Il "What if scenario" può essere utilizzato ad esempio quando la direzione vuole sapere l'impatto di affrettare o posticipare un nuovo ordine per un cliente speciale, oppure si ha la possibilità di prendere una grossa commessa e si vuole vedere se la capacità delle risorse a disposizione è sufficiente e riesce a soddisfare la

domanda incrementale, oppure ancora può essere utilizzato per vedere se le azioni che si ha intenzione di prendere per risolvere un problema (ordine in ritardo previsto, risorse in overcapacity e carenze di materiale) risolveranno effettivamente il problema, non avranno alcun effetto o sposteranno semplicemente il problema in altre aree dell'officina.

APS utilizza il proprio schedulatore, nello specifico il programma è APS (apssrvr.exe), programma diverso rispetto allo schedulatore utilizzato per la schedulazione e oggetto di questa tesi, per mettere in sequenza in modo ottimale le operazioni e definire un programma di produzione realistico.

APS permette di testare i cambiamenti usando l'analisi What-if. Per testare, è necessario creare un'alternativa "What-if", copiare i dati di pianificazione nell'alternativa "What-if", eseguire l'analisi e implementare i cambiamenti nel piano di produzione corrente.

È possibile creare scenari "What-if" non solo con copie dei dati di produzione, ma è possibile anche apportare modifiche ai dati e poi analizzare i risultati per determinare se lo scenario è fattibile. Vi è inoltre la possibilità di generare piani alternativi e confrontarli con il piano di produzione corrente.

7.5 I 4 obiettivi con l'introduzione di APS

L'obiettivo di APS è quello di aiutare l'azienda a spedire in tempo ciò che aveva promesso ai clienti. APS non è un MRP più veloce e non è più difficile da implementare rispetto al sistema attuale MRP + schedulatore.

APS fornisce strumenti che aiutano l'azienda a fare promesse che possono essere rispettate, quindi a diminuire gli scaduti, aiuta a pianificare la fornitura in modo JIT per mantenere le promesse senza aumentare le quantità a magazzino. Esso invia segnali di allerta quando si rischia di bucare una consegna, consentendo ai pianificatori di visualizzare prima i problemi e conseguentemente facilitarne la risoluzione.

Un punto chiave da comprendere è che l'APS si sforza di far corrispondere il piano di produzione al piano della domanda e poi abbinare il piano di approvvigionamento al piano di produzione, come indicato dalle frecce nel diagramma qui sotto. Quindi APS ha la capacità di integrare le due metodologie viste e implementate con questo lavoro di tesi.

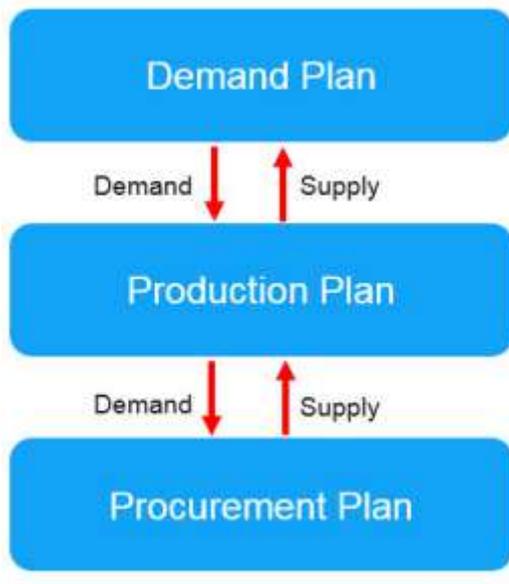


Figura 7.1 Flusso integrato che considera APS per l'ottimizzazione

La filosofia lean di APS si basa su:

- Ottenere un buon piano della domanda
- Creare un piano di produzione just-in-time per soddisfare quel piano della domanda
- Creare un piano di approvvigionamento just-in-time per soddisfare quel piano di produzione

Quando questi tre piani sono in armonia, non si rilasciano ordini a meno che non siano necessari per soddisfare la domanda. E vengono rilasciati finché non se ne ha bisogno. APS suggerisce le quantità e le date in cui occorre rilasciare gli ordini. Facilita, pertanto, enormemente il compito dei pianificatori, senza sostituirli. APS non è in grado da solo di analizzare e risolvere in tempo reale le criticità, quello è e rimarrà compito dei pianificatori. APS genera un piano, non lo porta avanti.

7.6 Regole per implementare APS

APS aiuta a mantenere le promesse usando una filosofia snella, ma la semplice implementazione non basta. Occorre, infatti, regolare e adattare le procedure, le pratiche aziendali e le politiche aziendali per supportarlo. Si rende, quindi, necessario:

- Avere processi aziendali in atto per assicurarsi di riuscire ad avere e a fornire dati validi
- Modellare accuratamente l'ambiente di pianificazione, sia per quanto riguarda le quantità dei materiali che la capacità delle risorse
- Pianificare il lavoro e poi lavorare al piano

È considerato fondamentale seguire quelli che in letteratura vengono chiamate “le 4 regole base di APS”, ossia i quattro principi critici:

1) **Keep your data accurate**, fondamentale avere un’alta accuratezza dei dati:

- Registrare tempestivamente e accuratamente le transazioni di manodopera e materiali
- Mantenere accurate le registrazioni dell'inventario
- Chiudere gli ordini di lavoro in modo tempestivo
- Mantenere aggiornate le rotte e le distinte dei materiali
- Dare agli articoli acquistati tempi di consegna accurati
- Rappresentare realisticamente la capacità del centro di lavoro

2) **Follow the plan**, ossia seguire la pianificazione data da APS senza appiattirsi su di essa:

- Seguire le liste di spedizione del centro di lavoro
- Rilasciare gli ordini in tempo e secondo le date di rilascio APS (grande differenza con MRP, con APS occorre seguire attentamente le date di rilascio da APS)
- Non lanciare ordini di lavoro non richiesti da APS (se non per criticità impreviste che il sistema non è in grado di prevedere), puntando ad indovinare il sistema mettendo su ordini di negozio per coprire capacità o esigenze previste

3) **Get ahead of the game:**

- Esaminare quotidianamente i grafici dei colli di bottiglia, della sovraccapacità e degli ordini in ritardo previsti per anticipare i problemi
- Limitare il numero di drop-in
- Fare promesse realistiche quando si prendono gli ordini dei clienti

4) **Keep it simple:**

- Limitare il numero di risorse vincolate
- Semplificare ciò che si modella nel sistema: usare la regola 80/20

Come mostrato sopra, APS richiede dati validi e disciplina. APS produrrà piani che sono buoni solo quanto i dati che gli vengono forniti sono buoni, il che però è vero anche per qualsiasi altra soluzione di pianificazione e programmazione.

Per seguire queste linee guida bisogna regolare i processi in queste aree e arrivare ad avere il risultato migliore possibile per quanto riguarda:

- Accuratezza dei rapporti in officina
- Accuratezza dell'inventario
- Integrità della struttura del prodotto (distinte base e percorsi)
- Gestione della domanda (previsioni, promesse, priorità e relativa risoluzione dei problemi)
- Gestione delle forniture (acquisti e relativa risoluzione dei problemi)
- Controllo della produzione (programmazione, prioritizzazione e relativa risoluzione dei problemi)

Ci sono altre pratiche relative ai processi aziendali che potrebbero aver bisogno di essere adottate e che non sono dettagliate sopra. La chiave è ricordare che APS è solo una parte del processo produttivo e che tutti gli elementi del processo devono lavorare insieme verso

lo stesso obiettivo. Si renderà necessaria per l'implementazione di APS una bonifica dei dati, con un livello di automazione tale occorre avere un'accuratezza dei dati quasi assoluta, altrimenti si rischia di avere degli output generati dal sistema fuori dalla realtà e di danneggiare il processo di produzione. Sostanzialmente, per una implementazione di APS si rende necessario la revisione di cicli produttivi e di distinta base che in questo momento non sono corretti al 100%, come per esempio quelli relativi alla commessa EFA.

7.7 Aree funzionali con cui lavora APS

Ci sono sei aree principali dell'azienda che sono critiche per il processo di pianificazione. Occorre assicurarsi di avere input validi in modo tale che APS possa processare le informazioni e produrre output che verranno utilizzati per (o in) queste aree funzionali. La figura sottostante mostra le sei aree principali che lavorano con APS. Tutte queste aree dell'azienda devono essere allineate perché il processo di pianificazione funzioni.

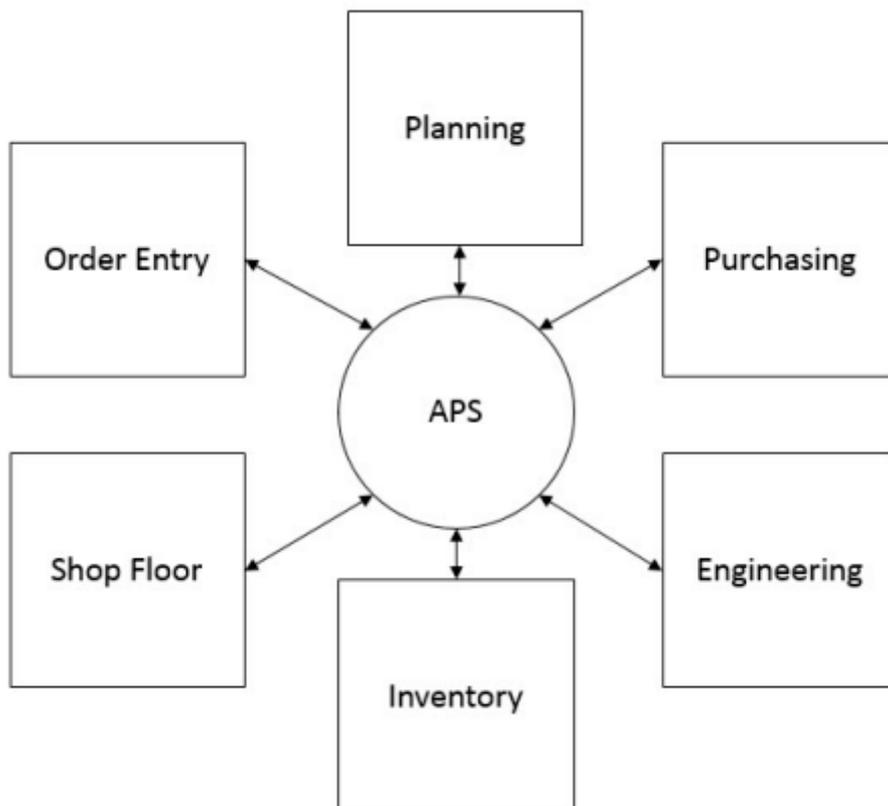


Figura 7.2 aree funzionali coinvolte da APS

I campi su cui interviene APS sono:

- Entry order: inserimento dell'ordine. APS migliora sensibilmente la capacità di fare buone promesse permettendo di inserire ordini clienti più fattibili
- Planning: sviluppo e inserimento di previsioni, creazione di ordini di lavoro suggeriti da APS, reazione tramite i messaggi di eccezione, esecuzione di analisi sugli ordini in ritardo e migliore identificazione e risoluzione delle carenze di risorse e di materiale. Con APS occorre utilizzare le metriche che analizzano le prestazioni, come i tassi di spedizione puntuale, i rendimenti, l'expediting ecc... al fine di migliorare continuamente la pianificazione
- Purchasing: per quanto riguarda gli acquisti APS effettua dei suggerimenti per ordini di acquisto e identifica carenze di materiali. Fondamentale è il mantenere i dati accurati al fine di aggiornare la disponibilità dei PO e i tempi di consegna delle parti acquistate.
- Shop floor: l'officina deve lavorare a stretto contatto con APS e i pianificatori. APS punta a diminuire le commesse in ritardo, ma imprevisti e criticità accadranno sempre. È necessario che i pianificatori continuino a fare aggiustamenti finali rispetto ai suggerimenti di APS e gestire le criticità non prevedibili a priori di una commessa.
- Engineering: l'ufficio tecnico deve garantire i dati accurati riguardanti distinta base dei materiali, distinta base delle operazioni che un part number deve eseguire per il suo completamento.
- Inventory: per quanto riguarda la gestione del magazzino occorre contare e aggiornare costantemente i record dell'inventario e registrare le emissioni di materiale, spedizioni, ricevute e spostamenti

Nella programmazione la cosa più importante è come detto in precedenza che le commesse accettate abbiano ordini che possono essere verosimilmente rispettati.

APS può fornire queste informazioni quando si inseriscono nuove richieste d'ordine. Tale sistema, avendo a disposizione le informazioni sulle linee d'ordine e le date in cui è richiesta la consegna, controlla le scorte attuali e definisce se on hand insieme agli arrivi previsti vi

è abbastanza disponibilità di materiale per soddisfare la domanda. Se non bastano, esamina la disponibilità di risorse e componenti e ridà come output l'informazione su quanto tempo è necessario per produrre le quantità necessarie.

Una volta fatta la promessa, APS si assicura che i singoli ordini siano pianificati in tempo reale, tra cui la creazione di nuovi ordini di fornitura pianificati e l'allocazione di risorse e materiali, in modo da avere le informazioni aggiornate su quali materiali e risorse sono disponibili quando si effettua la promessa successiva.

Dopo aver fatto la promessa al cliente, il pianificatore monitorerà se è sulla buona strada per mantenere la promessa fatta. Esattamente come MRP anche APS, ogni notte, ripianifica tutti gli ordini dei clienti, usando gli algoritmi scelti per determinare quali ordini pianificare per primo.

Se la projected date data dal sistema viene accettata dal pianificatore, il sistema pianifica in modo incrementale la domanda nel piano di produzione effettiva usando quella projected date. La domanda è pianificata usando l'inventario, i rifornimenti e la capacità delle risorse che non sono state riservate ad altre richieste durante l'ultima esecuzione di APS Planning o da richieste che sono state precedentemente pianificate in modo incrementale. Se la data proiettata è inaccettabile, è possibile annullare la pianificazione incrementale o si può annullare la data proiettata e pianificare la domanda usando una data precedente. Il pianificatore, pertanto, anche con un processo come APS che ottimizza al massimo la pianificazione, rimane fondamentale. Ad egli rimane la decisione finale, l'analisi delle criticità e l'intervento manuale in caso di distorsioni dalla realtà. MRP + schedulatore o APS rimangono un mezzo, ma l'esecuzione rimane in mano ai pianificatori.

CONCLUSIONI

Quest'ultimo capitolo ha lo scopo di riassumere i vantaggi finali di questo lavoro di tesi ed evidenziare i possibili passi futuri.

L'obiettivo della seguente tesi era l'ottimizzazione del modello di pianificazione di L.M.A. s.r.l. e l'implementazione della pianificazione di terzo livello per la schedulazione delle risorse.

La pianificazione, come descritto anche nei primi capitoli, ormai non può prescindere da un'interazione e un'integrazione con la supply chain. Il contesto globale in cui si trova oggi un'azienda è sicuramente più competitivo e complesso rispetto al passato. Per la pianificazione, non solo dei fabbisogni, ma anche per la schedulazione delle risorse, vedasi per esternalizzazioni e lavorazioni esterne, deve avvenire con una integrazione di tutta la supply chain.

La seguente tesi ha analizzato la situazione attuale dell'azienda, nel capitolo AS-IS, e portato un processo di ottimizzazione della produzione e avviato quello relativo alla schedulazione delle risorse come descritto nel capitolo SHOULD BE. È stato lanciato un progetto pilota per l'ottimizzazione della pianificazione, in particolare per la pianificazione dei fabbisogni, utilizzando la metodologia DDMRP per alcuni componenti dell'assieme Front Spar. Inoltre, è stato simulato l'impatto di utilizzo di DDMRP nei due anni precedenti. Nei mesi analizzati nessun componente è sceso sotto la soglia della scorta di sicurezza, nonostante questo si è ottenuto un risultato quasi inaspettato anche per la quantità di materie prime tenute in magazzino. Come evidenziato per il codice NAS77A4-019 nel sesto capitolo la metodologia DDMRP ha portato a ridurre di quasi il 50% le scorte in magazzino dei codici interessati. Questi codici sono codici a bassa/media variabilità della domanda, pertanto tale pianificazione risulta essere efficace e facilmente attuabile. Visti questi risultati l'azienda potrà espandere l'utilizzo di DDMRP anche per gli altri assiemi prodotti che hanno caratteristiche simili alla Front Spar. L'azienda vuole raggiungere un importante livello di automazione del processo di pianificazione, esso non può prescindere dall'utilizzo di scorte di sicurezza e punti di riordino per tutti quei componenti per cui una pianificazione make-to-order non avrebbe senso.

La seguente tesi si è poi concentrata sulla pianificazione di terzo livello delle risorse. Grazie ad un buon livello di parametrizzazione e di bonifica dei dati è stato possibile in questa tesi completare la progettazione e muovere i primi passi verso la schedulazione delle risorse. Per le risorse uomo si è proposto e attuato un algoritmo di allocazione delle risorse "Select in Sequence" e un'algoritmo di selezione avente come criterio tre tiered rule, ossia la priorità, l'end date e il FIFO. Le risorse uomo hanno permesso un'attuazione della schedulazione efficiente fin da subito. In base al flusso di produzione di L.M.A. s.r.l. però, siccome le operazioni sulle risorse uomo, in particolare il collaudo e l'assemblaggio, sono svolte dopo le operazioni di macchinazioni, per lanciare effettivamente la schedulazione delle risorse Labor è stato necessario un'adeguata progettazione e attuazione della schedulazione sulle risorse Machine. Le risorse macchina hanno, invece, richiesto molte ore di analisi per risolvere i problemi descritti nel capitolo 6 e attuare soluzioni adeguate. Inizialmente i run dello schedulatore portavano a risultati molto distorti dalla realtà. È stato modificato il codice con cui Infor assegna il conteggio dei setup e sono stati testati diversi algoritmi per ottenere un risultato ottimo. Come si nota nelle analisi svolte nel capitolo 6 l'euristica migliore ottenuta è stata quella che minimizza i tempi di setup e massimizza l'utilizzo e l'attività della macchina. Quest'ultimo algoritmo, ad esempio, rispetto ai run aventi regole di priorità, end date e FIFO ha generato un risparmio di oltre il 30% del tempo. Tale schedulazione ha messo in ordine le richieste in maniera tale da ridurre, in maniera significativa, i cambi di attrezzaggio, come dimostrano le analisi svolte nel capitolo. La seguente tesi quindi non solo ha portato avanti il progetto di pianificazione di terzo livello ma ha cercato di ottimizzare tale processo con il fine di ottenere una pianificazione in grado di generare i migliori risultati possibili. Pertanto, questa tesi ha proposto e fatto avviare la schedulazione con algoritmi di selezione e sequenziamento diversi in base alla tipologia di risorsa. Si confida pertanto che anche nel prossimo futuro gli algoritmi di schedulazione rimarranno quelli usati per questa tesi. Occorrerà nel futuro, in uno/due anni, valutare i progressi fatti utilizzando una schedulazione delle risorse automatizzata. Le analisi definitive si avranno solo al termine del consolidamento e della raffinazione dei processi. Si presume che la digitalizzazione e l'automazione possano condurre ad un'ottimizzazione della pianificazione, ma la complessità dei flussi di produzione di L.M.A. s.r.l. potrebbe portare ad avere per la schedulazione di terzo livello automatizzata con lo schedulatore

Infor risultati inferiori per i KPI principali rispetto a quelli ottenuti con una pianificazione manuale delle risorse fatta dai capi produzione.

Infine, il lavoro della presente tesi è terminato con un capitolo denominato WILL BE. Tale capitolo ha indicato qual è il passo futuro che dovrà compiere L.M.A. s.r.l. per arrivare ad essere all'avanguardia nel panorama italiano per ciò che concerne il campo della pianificazione. L'ultimo step da compiere infatti, dopo essere arrivati al completo utilizzo di MRP + schedatore sarà l'implementazione della tecnologia APS. APS permetterà una completa integrazione tra l'approvvigionamento dei fabbisogni e la schedazione delle risorse permettendo di arrivare ad un processo completamente digitalizzato e con un grandissimo livello di automazione. Per arrivare a tale risultato occorrerà sicuramente prima consolidare la schedazione delle risorse e sarà necessario un processo di bonifica di tutti i dati presenti con il fine di ottenere un'accuratezza prossima al 100% dei dati. Come evidenziato nella seguente tesi senza un grado di accuracy e senza una conoscenza perfetta di questa tecnologia risulta impossibile se non controproducente tale implementazione. Inoltre, occorrerà dotarsi e immaginare un'ambiente di test APS opportuno per poter effettuare delle sperimentazioni senza andare a modificare fin da subito la pianificazione reale. Ad oggi l'ambiente test di APS non è strutturato in maniera tale da raccogliere dati e stabilire vincoli e parametri necessari per poter effettuare analisi. Questo lavoro di tesi ha avuto il problema, quindi, di non poter disporre di tale ambiente di test APS. Pertanto, ad oggi non risulta possibile un immediata transizione da APS né è consigliata ma con in un prossimo futuro con i passaggi descritti ci si potrà arrivare.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Alberto Grando, Valeria Belvedere, Raffaele Secchi, **Production, operations and supply chain management**, 2021
- [2] Claudio Ferrozzi, Roy Shapiro, **Dalla Logistica al Supply Chain Management (Teorie ed esperienze)**, 2006
- [3] Huang, **Multi-objective Flexible Job-shop**, 2016
- [4] John T. Mentzer, William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Nix, Carlo D. Smith, Zach G. Zachariail, **Defining Supply Chain Management**, 2001
- [5] Pietro Romano, Pamela Danese, McGraw-Hill, **Supply Chain management – La gestione dei processi di fornitura e distribuzione**, 2010
- [6] Paolo Tofoni, **Supply Chain management - La gestione dei processi di fornitura e distribuzione**, 2008
- [7] Pinedo Michael L., **Planning And Scheduling In Manufacturing And Services**, Springer, 2009
- [8] Pinedo Michael L., **Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems**, Fifth Edition, 2015
- [9] Robust Fuzzy, **Stochastic_Programming_Model_and_Meta-Heuristic_Algorithms_for_Dual-Resource_Constrained_Flexible_Job-Shop_Scheduling_Problem_Under_Machine_Breakdown**, 2021
- [10] <https://asd-europe.org/news-publications>
- [11] <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends>
- [12] <https://www.mise.gov.it/index.php/it/transizione4.0>
- [13] www.infor.com/it-it
- [14] www.oracle.com
- [15] www.sap.com
- [16] www.workday.com
- [17] <https://www.rid.it/shownews/3888>