



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale DII

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea

*Ottimizzazione del processo di pianificazione e programmazione
della produzione. Il caso Stuzzità*

Relatore

Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo

Laureando

Nicolò Volpato

Correlatore

Dott. Marco Righetto

Ing. Carlo Ghedin

Anno Accademico 2019/2020

A mia Mamma,

A mio Papà

Ringraziamenti

Prima di procedere con la trattazione, mi sento in dovere di dedicare questo spazio a tutte le persone che, con il loro supporto, hanno contribuito alla realizzazione di questo lavoro e a quelle che mi hanno sempre sostenuto durante tutto il mio percorso universitario.

In primis, voglio ringraziare Zenia e Marzio Velo per avermi concesso l'opportunità di realizzare questa tesi all'interno di Stuzzità. Esco da questa esperienza di stage arricchito sia a livello professionale che a livello umano: sono stati mesi in cui per la prima volta ho potuto vedere da vicino e confrontarmi con le complessità e le sfide quotidiane che caratterizzano il mondo del lavoro. L'atmosfera che si respira in Stuzzità mi ha ricordato il ruolo fondamentale che hanno la passione e la dedizione nella strada che porta al perseguimento dei propri sogni e dei propri obiettivi.

Voglio inoltre ringraziare tutti i colleghi che, con la loro disponibilità, hanno contribuito a rendere questa esperienza piacevole e formativa: dai ragazzi della produzione (Gionata, Mattia, Aladino) a quelli degli uffici (Barbara, Cristina, Ilaria e Diego).

Un ringraziamento particolare va a Marco Righetto e Carlo Ghedin che pazientemente, con passione e competenza mi hanno supportato nello svolgimento di questo studio.

Un sentito ringraziamento va al Professor Roberto Panizzolo che in tutto il periodo di svolgimento della tesi è stato presente, seguendomi con grande professionalità, passione e disponibilità.

Un grazie infinito va alla mia famiglia, a mia sorella, mia mamma e mio papà. Grazie per i sacrifici, per la pazienza, e l'incessante supporto che mi avete dato in questi anni. Siete stati la forza che mi ha permesso di raggiungere questo importante traguardo.

Un grazie ai miei compagni Marco e Nicolò, fonti di supporto e confronto, con cui ho condiviso le gioie e le fatiche di questi 5 anni di studio.

Infine, un grazie va a tutti i miei amici per esserci sempre stati.

Sommario

Stuzzità s.r.l. è un'azienda specializzata nella realizzazione di prodotti alimentari surgelati i quali vengono venduti principalmente attraverso il canale della Grande Distribuzione Organizzata (GDO). La necessità di rispondere agli ordini con prodotti di qualità e nel rispetto dei tempi di consegna ha spinto l'azienda verso il miglioramento del processo di pianificazione e programmazione della produzione: è in questo contesto che si inserisce il progetto di tesi, il cui obiettivo è quello di analizzare ed ottimizzare le modalità di risposta al mercato, le procedure di pianificazione e programmazione della produzione e il sistema di gestione delle materie prime.

Dopo una prima fase di raccolta e analisi di dati, finalizzata a comprendere la struttura e le criticità delle tre macro-aree considerate, sono state individuate e progettate le soluzioni di ottimizzazione.

Nell'ambito delle modalità di risposta al mercato è stata individuata la necessità di passare dalla logica Make to order a quella Make to stock per quei prodotti aventi maggiore impatto sul fatturato e frequenza di consumo elevata. Se utilizzate per i prodotti idonei e con i giusti livelli, le scorte di prodotto finito permettono da un lato di aumentare i livelli di servizio nei confronti dei clienti, dall'altro di disaccoppiare il mercato dalla fase produttiva dando maggiori possibilità nell'ottimizzazione dei vincoli di interni.

Per quanto riguarda il processo di pianificazione e programmazione della produzione, è stato introdotto uno strumento di derivazione Lean: la tabella Heijunka. Questa permette da un lato di snellire la procedura di pianificazione, riducendo del 50% i tempi necessari per l'elaborazione del piano di produzione giornaliero, dall'altro di ottimizzare la capacità produttiva disponibile, riducendo del 1,3% l'impatto dei tempi morti di changeover.

Infine, per quanto riguarda il sistema di gestione delle materie prime, è stata proposta una revisione delle logiche di gestione dei codici di acquisto che permette una riduzione fino al 25% dell'entità della giacenza media di magazzino. La revisione è basata sull'analisi delle caratteristiche di consumo dei vari codici, in funzione delle quali è stata individuata la logica di gestione ottimale tra quella a scorta e quella a fabbisogno. È stata inoltre introdotta la gestione informatizzata del magazzino materie prime, la quale permetterà, una volta completato l'avviamento, di migliorare notevolmente l'efficienza del sistema di gestione.

Indice

1	Introduzione	1
2	Stuzzità s.r.l.	3
2.1	Storia.....	3
2.2	Caratteristiche del prodotto	5
2.3	Mercato	7
2.4	Descrizione dell'impianto.....	7
2.5	Descrizione del software utilizzato	10
3	Richiami teorici.....	11
3.1	Classificazione delle aziende	11
3.2	Il sistema di pianificazione e controllo della produzione.....	14
3.2.1	Articolazione del MPCS sul lungo termine	16
3.2.2	Articolazione del MPCS sul medio termine	17
3.2.3	Articolazione del MPCS sul breve termine.....	19
3.2.4	Caratteristiche dei piani di produzione.....	20
3.3	Sistemi di gestione dei materiali.....	21
3.3.1	Classificazione delle scorte.....	22
3.3.2	I costi delle scorte.....	23
3.3.3	Indicatori di gestione dei materiali: l'Indice di rotazione.....	24
3.3.4	Analisi ABC dei materiali	25
3.3.5	Classi di sistemi di gestione dei materiali	27
3.3.6	Individuazione della tecnica di gestione più idonea	29
3.4	Il lotto economico di acquisto e di produzione	33
3.5	La scorta di sicurezza: dimensionamento in funzione del grado di copertura desiderato	38
3.6	Il test di Kolmogorov-Smirnov	41
4	Descrizione del MPCS in Stuzzità.....	43
4.1	Organizzazione del lavoro.....	43
4.2	Distinte base e cicli di produzione	45
4.3	Tempistiche di risposta al cliente	48
4.4	Descrizione delle logiche di risposta al mercato	50
4.5	Descrizione del MPCS in Stuzzità.....	51
4.6	Progetto di miglioramento individuato	56

5 Logiche di ottimali di risposta al mercato	59
5.1 Descrizione del modello di analisi utilizzato.....	59
5.2 Analisi ABC semplice sul fatturato	61
5.3 Analisi statistica delle serie storiche della domanda.....	64
5.4 Individuazione degli articoli candidati alla gestione MTS.....	71
5.5 Verifica di fattibilità della gestione ipotizzata	74
5.6 Calcolo delle scorte di sicurezza	80
6. Ottimizzazione del processo di pianificazione	89
6.1 Descrizione del processo di pianificazione.....	89
6.2 Impatto dei tempi di changeover	93
6.3 Nuovo modello per la pianificazione della produzione.....	99
6.4 Analisi dei lotti economici di produzione	113
7. Analisi del sistema di gestione delle materie prime.....	121
7.1 Il sistema di gestione delle materie prime in Stuzzità.....	121
7.2 Analisi ABC incrociata “giacenza Vs valore d’impiego”.....	123
7.3 Analisi incrociata del consumo “frequenza Vs variabilità”.....	128
7.4 Individuazione delle logiche di gestione ottimali	130
7.5 Calcolo delle scorte di sicurezza e dei livelli di riordino	133
7.6 Calcolo dei lotti economici d’acquisto.....	137
7.7 Introduzione alla gestione informatizzata del magazzino.....	142
8. Conclusioni	147
Appendice A.....	151
Appendice B.....	153
Appendice C.....	161
Bibliografia.....	173

1 Introduzione

Stuzzità s.r.l. è un'azienda specializzata nella realizzazione di prodotti alimentari surgelati. La clientela è costituita da importanti player del mondo della Grande Distribuzione Organizzata (GDO): la capacità di rispondere agli ordini con prodotti di qualità e nel rispetto dei tempi di consegna concordati rappresenta una priorità per l'azienda. L'ampliamento della gamma produttiva e l'acquisizione di nuovi clienti, con il conseguente aumento dei volumi produttivi, hanno portato pertanto alla necessità di lavorare sul miglioramento del sistema di pianificazione e controllo della produzione. È in questo contesto che si inserisce lo studio descritto in questo progetto di tesi, il cui obiettivo è stato quello di individuare delle soluzioni concrete che permettano di ottimizzare l'attuale processo di pianificazione e programmazione della produzione. Il percorso di miglioramento, condotto durante lo stage aziendale svoltosi nel periodo tra settembre 2019 e marzo 2020, è stato organizzato in tre fasi principali:

1. La prima fase, fondamentale per orientare il percorso di miglioramento nella giusta direzione, è stata quella dell'individuazione delle aree di analisi su cui concentrare il focus. Queste sono: le modalità di risposta al mercato dell'azienda, il processo di pianificazione e programmazione della produzione, il sistema di gestione delle materie prime.
2. La seconda fase è stata quella di analisi delle macroaree individuate con l'obiettivo di identificarne la struttura, i meccanismi di funzionamento e le criticità. Questa fase è stata pertanto caratterizzata da un primo momento dedicato all'osservazione e alla raccolta dati, al quale è seguito un secondo momento di analisi dei dati raccolti, condotta principalmente tramite strumenti statistici, grafici e analisi di Pareto. Infine, il terzo momento è stato quello dell'individuazione delle criticità presenti nelle tre macro-aree indagate sulla base dei dati analizzati.
3. La terza fase è stata quella dell'individuazione e della progettazione dei miglioramenti per la risoluzione delle criticità osservate, e dell'introduzione di questi miglioramenti all'interno dei vari sistemi analizzati.

Queste tre fasi sono descritte e approfondite nei capitoli centrali di questo lavoro, ognuno dei quali è dedicato ad una delle tre macro-aree indagate. Nello specifico:

- Il capitolo 2 è un capitolo introduttivo, che riguarda la presentazione di Stuzzità: è descritta la storia aziendale, le tipologie di prodotti realizzati, il mercato di riferimento e la struttura del sistema produttivo
- Il capitolo 3 è un capitolo di teoria: verranno richiamati sinteticamente gli argomenti teorici e i modelli matematici a cui si farà riferimento nella trattazione dei capitoli centrali
- Il capitolo 4 è un capitolo di inquadramento e di descrizione sintetica delle tematiche affrontate: sono descritte e analizzate in termini generali le modalità di risposta al mercato dell'azienda, la struttura del sistema di pianificazione e controllo della produzione, e del sistema di gestione delle materie prime, mettendo in luce le criticità rilevate e i punti principali del percorso di miglioramento che si intende realizzare
- Il capitolo 5 è dedicato alla revisione delle modalità di risposta al mercato: individuate e analizzate le criticità delle modalità attualmente utilizzate,

verranno individuate le modalità ottimali da introdurre, gli articoli per i quali queste devono essere utilizzate e i conseguenti vantaggi.

- Il capitolo 6 è dedicato al processo di pianificazione e controllo della produzione: saranno analizzate nello specifico le criticità degli approcci attuali, e verranno illustrati gli strumenti di ottimizzazione progettati e proposti con i relativi benefici.
- Il capitolo 7 è dedicato infine al sistema di gestione delle materie prime: dopo una prima fase di analisi delle criticità degli approcci attualmente utilizzati, è proposta una revisione delle logiche di gestione dei codici di acquisto, finalizzata a ridurre l'impatto economico della gestione attuale.
- Il capitolo 8 infine è dedicato alle conclusioni: sono analizzati i risultati e i possibili sviluppi futuri dello studio realizzato in questo progetto.

2 Stuzzità s.r.l.

Stuzzità s.r.l. è un'azienda alimentare fondata nel 2004 da Wanner e Marzio Velo, specializzata nella produzione di prodotti da forno e di pasticceria surgelati. L'obiettivo aziendale è quello di arrivare a rappresentare la qualità del made in Italy nel mercato internazionale dei prodotti precotti surgelati.

2.1 Storia



Figura 2.1: Logo di Stuzzità.

La storia di Stuzzità è una storia di sacrificio, passione e tradizione, che inizia nel 1998 quando Marzio Velo entra nel mondo della panificazione come rappresentante di macchinari per la produzione del pane. La scelta di Marzio non è casuale: a muoverlo è infatti la passione trasmessagli dal padre Wanner e dal nonno Stelvio, entrambi venditori e consulenti del settore. Nel 2000 Marzio lavora per la Colip, azienda produttrice di impianti refrigeranti per il mondo della panificazione e della pasticceria, che in quegli anni stava promuovendo una campagna per introdurre la tecnica della surgelazione nel mondo della panificazione. Questa tecnica di conservazione aveva avuto grande successo nel mondo della pasticceria, in particolare nell'ambito della vendita del croissant, ma non aveva ancora trovato spazio nel mondo dei prodotti da forno. I maestri fornai infatti non la vedevano di buon occhio, in quanto ritenevano che questa potesse andare a compromettere la qualità del loro prodotto. È proprio grazie alla Colip che nel 2002 Marzio, partecipando ad una fiera del settore a Madrid, capisce che il mercato della panificazione stava cambiando: nota infatti una forte presenza di aziende produttrici di pane e pizze surgelati. Colpito da questo fatto inizia ad entrare in contatto con le realtà italiane che avevano iniziato ad utilizzare la surgelazione nel mondo della panificazione, per conoscere più da vicino questa nuova tipologia di prodotti che inizia anche a proporre ai suoi clienti. A deluderlo però è la qualità di questi, ancora molto lontana da quella artigianale dei prodotti freschi. È questa delusione che lo convince ad investire sulla produzione: coinvolgendo l'esperienza trentennale del padre, l'obiettivo di Marzio diventa quello di portare nel mondo dei prodotti da forno surgelati un livello di qualità pari a quello dei prodotti freschi. Così nel 2004 i Velo fondano il primo nucleo di Stuzzità come società commerciale, appoggiandosi per la produzione ad un panificio di Treviso: Padre e figlio si occuperanno della vendita dei prodotti e della consulenza, mentre il proprietario del panificio si occuperà della produzione di pizze e focacce precotte surgelate. Le vendite vanno bene ma la situazione ben presto cambia: il fornaio lascia la società lasciando i Velo soli a gestire l'intera attività. Marzio e Wanner si ritrovano così a dover lavorare la mattina come venditori e rappresentanti, mentre il pomeriggio nel laboratorio come veri e propri fornai. Dopo un periodo di faticose giornate di lavoro, nel 2005 Wanner

riesce a trovare dei soci che si occupino della parte produttiva: così viene aperto un nuovo stabilimento di 500 m² a Monastier, e viene introdotta la produzione del prodotto pane. Dopo un periodo di crescita iniziale l'attività si trova in difficoltà, in quanto i Velo non riescono a trovare il mercato di riferimento per i propri prodotti. Il punto di svolta arriva quando, dopo anni di tentativi falliti, viene acquisito il primo cliente della Grande Distribuzione Organizzata (GDO). La situazione cambia completamente: i volumi produttivi triplicano in poche settimane salvando l'attività dalla situazione di stallo in cui era finita. Il 2009 è l'anno in cui Stuzzità cambia forma e da società commerciale diventa una vera e propria azienda produttrice: i Velo infatti decidono di staccarsi dai propri soci produttori e di aprire un laboratorio a Monigo, con annesso Bar e Pasticceria, nel quale producono e vendono i propri prodotti. Il 2010 è segnato dall'inserimento di nuovi prodotti e da una produzione giornaliera di 500 Kg di prodotto. Il 2011 è un anno decisivo: viene acquisito un altro importante cliente della GDO che permette una forte crescita della produzione, tanto che lo stabilimento produttivo viene ampliato, viene istituita la parte amministrativa, con l'ingresso di Zenia, la sorella di Marzio e vengono assunti nuovi dipendenti. Gli anni successivi sono segnati da un continuo sviluppo: dopo 3 anni, con tre turni di produzione, la capacità produttiva dello stabilimento di Monigo è completamente satura. Così nel 2016, in virtù del successo fino ad allora ottenuto e delle ottime prospettive di crescita, la sede produttiva di Stuzzità viene trasferita nello stabilimento attuale di Quinto di Treviso di 6.000 m².

Ad oggi Stuzzità è un'azienda consolidata: con un fatturato annuo di 3,5 milioni di euro e una produzione giornaliera di 4.500 Kg di prodotti, continua il suo percorso di crescita e di miglioramento, ponendosi come obiettivo quello di arrivare a rappresentare la qualità del made in Italy nel mercato internazionale dei prodotti da forno e di pasticceria surgelati.

2.2 Caratteristiche del prodotto

Il mercato dei prodotti alimentari è in costante cambiamento e questo fatto rappresenta una sfida importante per produttori, clienti e fornitori. Stuzzità si è da sempre posta come obiettivo quello di sorprendere i clienti con nuove idee, proponendo ricette tradizionali rivisitate nella forma, nell'aspetto e nei gusti.

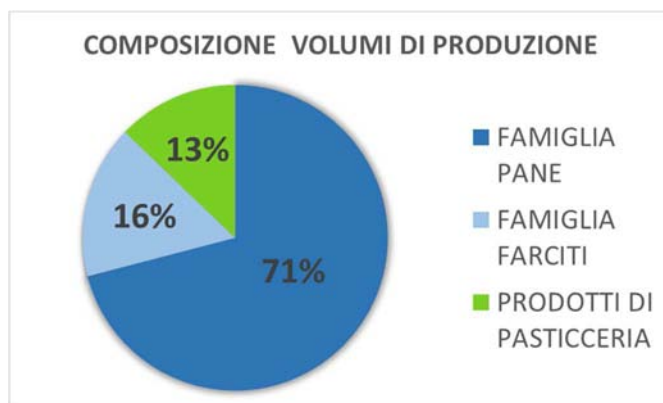


Figura 2.2: Composizione percentuale dei volumi di produzione del 2019.

Attualmente il catalogo di Stuzzità si compone di oltre 70 tipologie di prodotti i quali rientrano in due categorie principali (figura 2.2):

1. La categoria dei **prodotti di Pasticceria**, alla quale appartiene il prodotto Salame al cioccolato. Questo viene proposto in 4 varianti di gusto: cioccolato, ciocconociola, cioccolato bianco e caffè
2. La categoria dei **prodotti da Forno**, alla quale appartengono i prodotti della famiglia pane e della famiglia dei farciti. Tra i prodotti della famiglia pane Stuzzità propone sia sapori e forme tradizionali come la Romanina, Francesina, Girella uvetta e le Ciabattina alle olive, ma anche prodotti innovativi frutto di innovazione e ricerca come le Crocchie.

Nella famiglia dei farciti troviamo sia prodotti più tradizionali come la Pizza e le Focacce, sia prodotti innovativi di piccolo formato come la Brezelina, un classico della tradizione Bavarese rivisitato in chiave italiana, e la Chiocciola



Figura 2.3: Prodotti a marchio Stuzzità.

Tutti i prodotti sono caratterizzati da un'elevata qualità, la quale è frutto sia della scelta degli ingredienti utilizzati, ma anche delle tecniche di produzione e conservazione utilizzate. Le fasi della produzione più critiche per la qualità del prodotto avvengono ancora secondo tradizione. Per quanto riguarda i prodotti da forno lievitati, questi sono realizzati con l'impiego della biga ad almeno 18 ore di lievitazione: questa è un pre-impasto morbido che si ottiene miscelando acqua, farina e lievito in proporzioni tali da farlo risultare piuttosto asciutto. Nell'impasto la biga ha proprio il compito di trainare il composto, migliorandone il sapore, la conservabilità e il colore. La scelta di utilizzare il freddo come tecnica di conservazione permette di evitare l'utilizzo di conservanti nei prodotti che pertanto, quando arrivano in tavola, hanno lo stesso sapore di quelli comprati in panificio o in pasticceria. In particolare, si distinguono due tipologie di prodotti in base alla temperatura alla quale vengono conservati:



Figura 2.4: Fase manuale della produzione del pane.

1. I prodotti freschi, conservati a temperature comprese tra 0° e 4°C e possono essere consumati senza alcuna preparazione aggiuntiva
2. I prodotti surgelati, conservati a temperature inferiori a -18°C, e devono essere consumati previa cottura

Tutti i prodotti del catalogo rientrano nella seconda categoria, fanno eccezione i salami al cioccolato, i quali vengono venduti soprattutto come prodotto fresco. La shelf life dei prodotti, ossia il periodo entro il quale l'alimento è definito privo di rischi per la salute del consumatore, varia a seconda della temperatura di conservazione: per i prodotti freschi questa è di 45 giorni, mentre per i prodotti surgelati è di 360 giorni. Stuzzità è in possesso della certificazione Bio che autorizza la produzione di prodotti biologici, e a gennaio 2020 è stata conseguita la certificazione IFS (International Food Standard) che consente ai clienti della GDO di assicurare la qualità e la sicurezza dei prodotti alimentari che vende, e di controllare il livello qualitativo dei prodotti col proprio marchio. Il rispetto degli standard qualitativi viene perseguito grazie alla presenza di un reparto di qualità che monitora costantemente lo svolgimento dei processi produttivi.

2.3 Mercato

Stuzzità distribuisce i propri prodotti attraverso tre principali canali commerciali:

1. La **Grande Distribuzione Organizzata** (GDO): la maggior parte dei clienti sono gruppi del calibro di Aspiag, Alì e Unicomm
2. I grossisti operanti nel canale **Horeca** (acronimo di Hotellerie-Restaurant-Café): questo canale è costituito da quelle piccole o microimprese che somministrano alimenti e bevande, come hotel, ristoranti, trattorie, Pizzerie, bar e simili, e catering
3. La vendita al dettaglio: i prodotti vengono venduti direttamente al consumatore finale attraverso lo spaccio aziendale



Figura 2.5: Clienti principali di Stuzzità.

Il prodotto Stuzzità si adatta bene alle esigenze della GDO e del canale Horeca per due motivi principali: in primo luogo l'utilizzo della conservazione mediante la tecnica del freddo permette di mantenere un'elevata qualità anche dopo molti giorni dalla data di produzione, e dunque di trasportare i prodotti anche a molti chilometri di distanza dal luogo di origine. In secondo luogo, i tempi di cottura ridotti permettono di ridurre i consumi di energia e velocizzare i processi di preparazione, e questo è un fatto considerevole se si pensa al reparto pane dei centri commerciali.

2.4 Descrizione dell'impianto

La sede produttiva di Stuzzità si trova nella zona industriale di Quinto di Treviso, posizione strategica per il mercato del nord e centro Italia, ma anche per i mercati esteri europei.

L'impianto di 6000 m^2 è suddiviso in due aree principali, una dedicata alla produzione dei prodotti di pasticceria e l'altra dedicata alla produzione dei prodotti da forno. Questa suddivisione è dettata sia da esigenze di carattere produttivo, in quanto i prodotti da forno hanno dei cicli di lavoro diversi dai prodotti di pasticceria, sia da normative alimentari. Le due tipologie di prodotti hanno infatti ingredienti di natura diversa e diventa dunque necessario tenere quest'ultimi separati fisicamente per evitare che vi siano eventuali contaminazioni di allergeni.



Figura 2.6: Posizione geografica di Stuzzità.



Figura 2.7: Rappresentazione schematica dell'organizzazione della cella produttiva del prodotto salame al cioccolato.

L'area dedicata alla produzione dei salami è organizzata come una cella produttiva (figura 2.7), all'interno della quale si trovano tutti i macchinari necessari alla realizzazione di questa tipologia di prodotto:

- **Impastatrice:** è il macchinario utilizzato per miscelare le materie prime di base e dar vita all'impasto iniziale
- **Filonatrice:** è il macchinario attraverso il quale l'impasto viene suddiviso nei filoni di salame, che vengono poi posti manualmente dagli operatori teglie ondulate, collocate a loro volta in carrelli
- **Cella frigorifera:** i carrelli di semilavorato vengono poste in cella frigorifera per il raffreddamento
- **Linea di taglio e confezionamento:** è la linea dove avviene il taglio dei filoni e il confezionamento delle fette di salame per la spedizione

L'area dedicata alla produzione dei prodotti da forno (figura 2.8) invece è organizzata a reparti: la movimentazione degli impasti e dei semilavorati tra un reparto e l'altro avviene manualmente tramite teglie, collocate su carrelli multipiano. Le teglie possono essere piane e ondulate, e il loro utilizzo dipende dal tipo di prodotto che deve essere realizzato.



Figura 2.8: Rappresentazione schematica dell'organizzazione a reparti dell'area dedicata alla produzione dei prodotti da forno.

Tra i reparti troviamo:

- **Sala impasti:** è il reparto dove vengono miscelate le materie prime di base. I macchinari presenti sono due impastatrici con vasca ribaltabile, le quali vengono caricate e svuotate manualmente dagli operatori
- **Reparto formatura:** è la zona dove l'impasto viene lavorato per dare forma ai prodotti finiti. La funzione principale delle macchine di questo reparto è infatti quella di suddividere gradualmente l'impasto di partenza per arrivare ai pezzi di forma e dimensione pari a quelle del prodotto che si vuole realizzare. Gli operatori in questo reparto si occupano di caricare gli impasti sulle macchine, di completare la formatura dei semilavorati che escono dalla macchina (qualora questi lo richiedano) e di caricare le teglie sui carrelli per la movimentazione
- **Reparto di lievitazione:** questo reparto è costituito da una cella a temperatura e umidità controllata dove i vari carrelli di semilavorati rimangono per un tempo caratteristico prima di essere infornati o prima di subire altre lavorazioni secondarie
- **Reparto cottura:** dopo aver completato le varie fasi di formatura e lievitazione, i carrelli di semilavorati vengono infornati. In questo reparto sono presenti 5 forni rotativi per una capacità complessiva di 8 carrelli
- **Reparto abbattimento:** conclusa la fase di cottura i carrelli rimangono a raffreddarsi a temperatura ambiente per poi passare in cella frigorifera per l'abbattimento. Sono presenti 3 celle a -18°C per l'abbattimento dei prodotti, aventi capacità diverse, le quali vengono utilizzate e gestite a seconda delle esigenze produttive che si manifestano
- **Reparto farcitura:** il reparto farcitura è la zona dove vengono farcite le basi delle pizze e delle focacce. In questo reparto è presente una micro-linea costituita da nastri motorizzati e da una macchina confezionatrice: i semilavorati scorrono sui nastri, mentre vengono farciti manualmente dagli operatori, e infine passano nella confezionatrice che confeziona i vari prodotti con un film di pellicola termoretraibile

- **Reparto confezionamento:** in questa zona i prodotti vengono inseriti negli imballaggi secondari i quali poi vengono pallettizzati per la spedizione. Anche in questo reparto c'è la presenza degli operatori che estraggono i carrelli dalle celle e versano i prodotti su una “pesatrice multi-testa a 16 bilance”, che pesa i prodotti e gli scarica nei cartoni, i quali vengono chiusi e caricati manualmente sui pallet

Con la fase di confezionamento si conclude il ciclo di produzione dei vari prodotti, e i carrelli che vengono via via svuotati tornano disponibili per la produzione.

Per quanto riguarda lo stoccaggio del prodotto finito l'azienda attualmente si appoggia ad un magazzino esterno. Infatti, l'impianto dispone solamente di una piccola cella frigorifera di stoccaggio, che utilizza per stoccare momentaneamente i bancali di prodotto finito prima di spedirli nel magazzino esterno. Nei primi mesi del 2020 verrà completata la costruzione del magazzino refrigerato interno, che permetterà lo stoccaggio locale dei prodotti finiti.

2.5 Descrizione del software utilizzato

L'azienda da gennaio 2019 utilizza il gestionale informatizzato e-Solver. Il programma permette di gestire sia le informazioni dell'area contabile, sia i dati e le operazioni dell'area logistica (interna ed esterna) e della produzione. Tuttavia, il modulo per la gestione della logistica e della produzione deve essere ancora implementato. Attualmente infatti i dati relativi alla gestione dei magazzini e della produzione vengono gestiti in formato cartaceo e con l'utilizzo di fogli Excel. Tuttavia, l'esigenza di snellire le operazioni di gestione delle informazioni e di creare un sistema più efficiente per la gestione del flusso dei materiali, hanno portato l'azienda a voler attivare anche il modulo informatico per la gestione dei materiali.

3 Richiami teorici

L'obiettivo di questo capitolo è quello di illustrare sinteticamente da un punto di vista teorico i temi principali e i modelli matematici utilizzati in questo progetto di tesi.

3.1 Classificazione delle aziende

Per comprendere le logiche di funzionamento delle varie tipologie di sistemi produttivi è utile la classificazione secondo tre criteri proposta da Brandolese nel 1991, illustrata in figura 3.1:

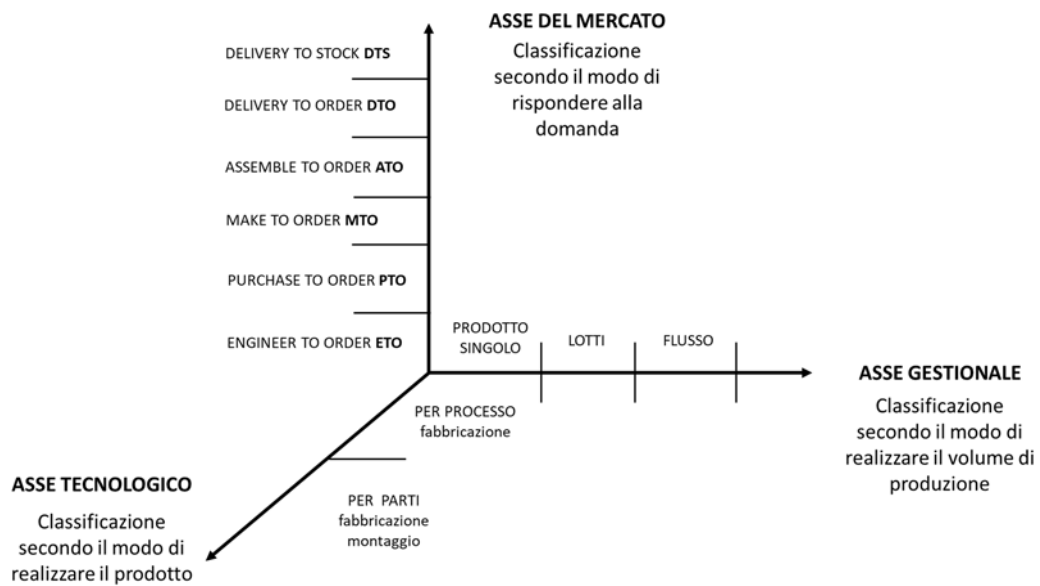


Figura 3.1: Schema riassuntivo della classificazione delle aziende proposta da Brandolese nel 1991. I tre criteri considerati sono il “modo di rispondere alla domanda di mercato”, il “modo di realizzare il volume di produzione” e il “modo di realizzare il prodotto”. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, IseDI, Torino)

1. Modo di rispondere alla domanda di mercato (“asse del mercato”): è possibile incrociare diverse variabili per classificare le aziende secondo questo criterio ma, ai fini del lavoro svolto in questa tesi, proponiamo la classificazione che si ottiene se si considerano come parametri di analisi le attività di produzione e quelle di distribuzione. A seconda che l'azienda decida di svolgere le attività di produzione e distribuzione su previsione o su ordine, si possono avere le seguenti possibilità:

- **Aziende Delivery to Stock (DTS):** si tratta di aziende che svolgono le attività di produzione e di spedizione interamente su previsione della domanda. Infatti, non solo i prodotti finiti vengono prodotti a magazzino, ma questi vengono anche spediti al magazzino intermedio, o direttamente al punto vendita, in anticipo rispetto al fabbisogno
- **Aziende Make to Stock (MTS):** si tratta di aziende che producono su previsione della domanda, e spediscono al cliente nel momento in cui viene ricevuto l'ordine

- **Aziende Assemble to Order (ATO):** si tratta di aziende che gestiscono su previsione della domanda la produzione di componenti intermedi, e su ordine le fasi di assemblaggio e di spedizione.
- **Aziende Make to Order (MTO):** si tratta di aziende che realizzano anche la fase di produzione dei componenti intermedi su ordine, la quale avviene a partire da materiali di acquisto acquisiti invece su previsione della domanda.
- **Aziende Purchase to Order (PTO):** si tratta di aziende che realizzano tutte le operazioni di produzione, anche quella di acquisizione dei materiali di acquisto, sulla base dell'ordine.
- **Aziende Engineer to Order (ETO):** si tratta di aziende che svolgono anche la parte di progettazione del prodotto sulla base dell'ordine.

Da quanto detto emerge che ogni tipologia di azienda individuata avrà dei tempi caratteristici di risposta al mercato: mentre per le aziende DTS il tempo di risposta è praticamente nullo, visto che i prodotti si trovano già stoccati nel punto vendita, andando verso le aziende ETO i tempi di risposta all'ordine aumentano, dal momento che aumenta il numero di attività da svolgere per rispondere all'ordine. Questo fatto emerge chiaramente se si osserva il modello Wortmann di figura 3.2.

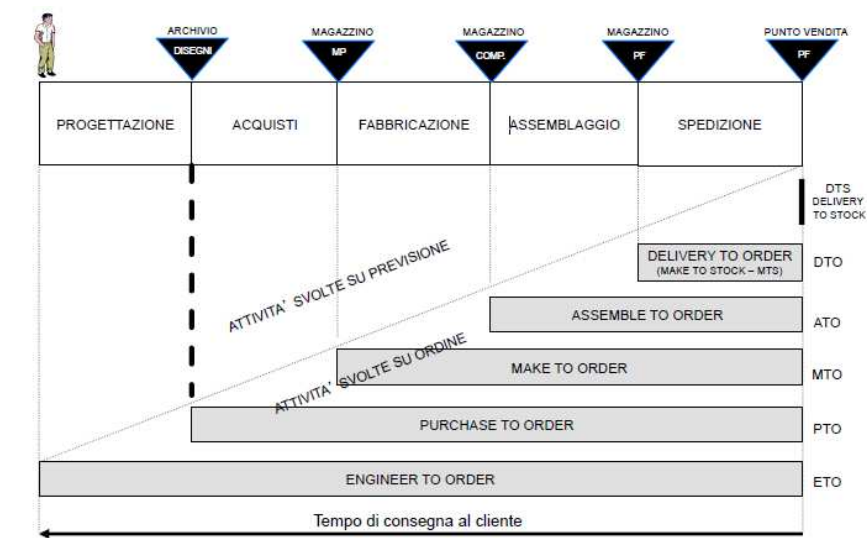


Figura 3.2: Raffigurazione del modello Wortman. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Va precisato che, rispetto al modo con cui un'azienda risponde al mercato, è sempre più difficile parlare di scelte, in quanto le decisioni sono di fatto condizionate dalla competizione di mercato. È evidente infatti che la richiesta di prodotti in gamme sempre più ampie e con un numero sempre più elevato di optional spinge verso soluzioni ATO, mentre la necessità di personalizzare i prodotti orienta verso il modello ETO.

2. Modo di realizzare il volume produttivo (asse gestionale): per classificare le aziende secondo questo criterio vengono prese in considerazione due variabili caratteristiche dei sistemi produttivi:

- La ripetitività delle operazioni
- La continuità del flusso entrante/uscente, intesa come uniformità di materie prime e prodotti finiti entranti e uscenti nei e dai reparti produttivi in tempi successivi

CONTINUITA' DEL FLUSSO	ALTA			FLUSSO
	MEDIA		LOTTI	
	BASSA	PRODOTTO SINGOLO		
		BASSA	MEDIA	ALTA
		RIPETITIVITA' DELLE OPERAZIONI		

Figura 3.3: Rappresentazione della classificazione delle aziende sulla base della ripetitività e della continuità delle operazioni. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Sulla base dell'entità di questi due parametri è possibile individuare tre categorie teoriche di sistemi di produzione (figura 3.3):

1. **Sistemi a flusso**, caratterizzati dalla assoluta ripetitività delle operazioni e da continuità elevata del flusso entrante e uscente. Esempi di sistemi a flusso sono le linee di produzione e gli impianti di processo funzionanti in condizioni di regime costante
2. **Sistemi a lotti**, caratterizzati dalla produzione di quantità predefinite di materiali, denominati appunto "lotti di produzione". Esempi di sistemi produttivi che lavorano a lotti di produzione, con media ripetitività e continuità del flusso sono quelli organizzati a reparti
3. **Sistemi a prodotto singolo**, sono caratterizzati da una scarsa o nulla ripetitività delle operazioni e da discontinuità del flusso di materiali. Un sistema di produzione a prodotto singolo è il cantiere civile o navale, dove si realizzano prodotti singoli

3. Modo di realizzare il prodotto (asse tecnologico): questo criterio di classificazione delle aziende prende in considerazione la natura intrinseca dei prodotti che devono essere realizzati. A seconda del tipo di processi che caratterizzano la produzione si distinguono due tipologie di aziende:

1. **Aziende con produzione per processo:** sono quelle aziende in cui il prodotto finito viene ottenuto mediante la trasformazione di elementi iniziali che non possono più essere individuati nel prodotto finale, in quanto non sono più distinguibili o hanno cambiato natura. In questa categoria rientrano ad esempio le raffinerie e i cementifici. La caratteristica di queste tipologie di sistemi produttivi è di essere costituiti da impianti specifici dove avvengono operazioni di natura chimica, termica, meccanica ecc. caratterizzate da cicli di tecnologici ben definiti e vincolanti. Si parla per questo di “produzioni a ciclo tecnologico obbligato”.
2. **Aziende con produzione per parti:** sono quelle aziende il cui prodotto finito è ottenuto assemblando diversi componenti iniziali, i quali possono essere individuati nel prodotto finale. Rientrano in questa categoria le aziende produttrici di automobili e di elettrodomestici. Questi sistemi produttivi sono caratterizzati dalla presenza di macchinari che possono svolgere una moltitudine di operazioni diverse, sia di assemblaggio che di fabbricazione, permettendo anche di realizzare prodotti molto diversi da quelli normalmente realizzati. Si parla in questo caso di “produzioni a ciclo tecnologico non obbligato” in quanto i cicli tecnologici sono diversi per ogni componente e possono presentare delle varianti anche per il singolo componente.

Concludiamo questo paragrafo sottolineando che i criteri di classificazione proposti, riassunti nel grafico di figura 3.1 individuano complessivamente 36 possibili modelli aziendali. Tuttavia, un'azienda, a seconda delle scelte specifiche prodotto-mercato-processo, può essere identificata in 2 o più modelli di quelli individuati: per una certa famiglia di prodotti ad esempio l'azienda potrebbe rispondere al mercato con logica ATO, mentre per un'altra rispondere con logica MTO.

3.2 Il sistema di pianificazione e controllo della produzione

Il sistema di pianificazione e controllo della produzione (Manufacturing Planning and Control System- MPCS) è l'insieme di tutte quelle attività finalizzate alla gestione dei materiali e della capacità produttiva. L'architettura di tale sistema comprende tre livelli di attività:

1. **Pianificazione della produzione:** le attività di questo livello hanno come obiettivo quello di definire tre distinti piani di produzione sulla base di input di natura commerciale, quali previsioni di vendita e/o ordini clienti. Questi piani guidano l'intero processo di pianificazione e controllo della produzione e sono:
 - a. Il piano di produzione di lungo termine detto anche “**Piano aggregato di produzione**” (Production Plan-PP)
 - b. Il piano di produzione di medio termine detto anche “**Piano principale di produzione**” (Master production schedule-MPS)

- c. Il piano di produzione di breve termine detto anche “**Piano finale di produzione**” (Final Assembly Schedule)
- 2. Programmazione della produzione:** le attività di questo livello hanno come obiettivo quello di definire i piani dei materiali e delle capacità tramite due algoritmi due procedure che sono rispettivamente l'**MRP** (Material Requirements Planning) per i materiali e la **CRP** (Capacity Requirements Planning) per la capacità produttiva
 - 3. Esecuzione e controllo della produzione:** le attività di questo livello hanno come obiettivo quello di rilasciare gli ordini e monitorarne l'avanzamento in produzione. Si tratta di attività che sono svolte in tempo reale, sulla base delle effettive condizioni del sistema produttivo

Le varie attività che sono svolte in questi tre livelli vengono ripetute periodicamente per pianificare e programmare la produzione, prendendo in considerazione di volta in volta orizzonti temporali diversi (breve, medio e lungo termine), come si può comprendere dallo schema in figura 3.4 che rappresenta in modo sintetico la struttura del MPCS.

		ORIZZONTI TEMPORALI					
		Lungo termine		Medio termine		Breve termine	
L I V E L L I D I A T T I V I T À	PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE (Front End)	PREVISIONI DELLE VENDITE (Forecasting) e GESTIONE ORDINI CLIENTI (Demand Management)					
		PIANO AGGREGATO DI PRODUZIONE PP (Production Plan)		PIANO PRINCIPALE DI PRODUZIONE MPS (Master Production Schedule)		PIANO FINALE DI PRODUZIONE FAS (Final Assembly Schedule)	
		RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI		
	PIANIFICAZIONE GREZZA FABBISOGNI DI RISORSE (RRP)	ORDINI QUADRO	ROUGH CUT CAPACITY PLANNING (RCCP)				
	PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE (Engine)	RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI
				PIANIFICAZIONE A CAPACITA' INFINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITA' PRODUTTIVA (CRP)	PIANIFICAZIONE DEI FABBISOGNI DEI MATERIALI (MRP)	PIANIFICAZIONE A CAPACITA' FINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITA' PRODUTTIVA DEI CENTRI FINALI (CRP)	VERIFICA MANCANTI (MRP)
ESECUZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE (Back End)	RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI	
			SCHEDULAZIONE E AVANZAMENTI DELLE LAVORAZIONI INIZIALI E INTERMEDIE (SFC)	ACQUISTI	DEFINIZIONE SEQUENZE DI PRELIEVO MATERIALI INIZIALI E INTERMEDIE (SFC)	SCHEDULAZIONE E AVANZAMENTI DELLE OPERAZIONI FINALI (SFC)	DEFINIZIONE SEQUENZE DI PRELIEVO MATERIALI FINALI (SFC)

Figura 3.4: Rappresentazione schematica della struttura del sistema di pianificazione e controllo della produzione. Se letto per righe, lo schema permette di identificare le attività per livello di appartenenza (Front end, Engine, Back End); se letto per colonne invece permette di individuare le attività svolte nei vari orizzonti temporali di pianificazione (Lungo, Medio e Breve termine). (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

3.2.1 Articolazione del MPCS sul lungo termine

Sul lungo termine l'obiettivo del sistema di pianificazione e controllo della produzione è la definizione del Piano aggregato di produzione (Production Plan- PP), che definisce il programma delle attività produttive sul lungo periodo. Parlare di lungo periodo in questa sede vuol dire fare riferimento ad un arco temporale di circa 12 mesi, anche se va specificato che la lunghezza di tale periodo cambia a seconda del tipo di azienda che si prende in considerazione. La stesura di tale piano coinvolge le funzioni aziendali del commerciale, della finanza e degli approvvigionamenti, avviene sulla base di previsioni di vendita e di eventuali ordini sul lungo periodo, e gli oggetti della pianificazione sono caratterizzati da un elevato livello di aggregazione. Vengono infatti presi in considerazione parametri come il fatturato, le quantità di prodotti finiti equivalenti, le quantità di ore macchina e di ore manodopera, le quantità di materie prime in input nel loro ammontare complessivo ecc. Per rispettare i vincoli di risorse, il PP innesca una pianificazione delle risorse denominata **Resource Requirements Planning** (RRP) la quale effettua una verifica della disponibilità di quelle risorse ritenute "critiche", ossia quelle non governabili con decisioni prese sul breve periodo. Queste sono ad esempio risorse di natura finanziaria, risorse legate a qualche fornitore critico, a eventuali colli di bottiglia di capacità produttiva sia in termini di macchine che di manodopera, specialmente nel caso di presenza di stagionalità della domanda. Il fabbisogno di queste risorse critiche viene quindi confrontato con la disponibilità di queste, e vengono attuate eventuali contromisure per adeguare il fabbisogno con la disponibilità. Ad esempio, con i fornitori critici vengono definiti gli "ordini quadro", viene attivato un ulteriore turno di produzione, vengono rinegoziate le quantità di materiale con i fornitori chiave ecc. La sequenza delle operazioni svolte per la definizione del PP è rappresentata in forma schematica in figura 3.5:

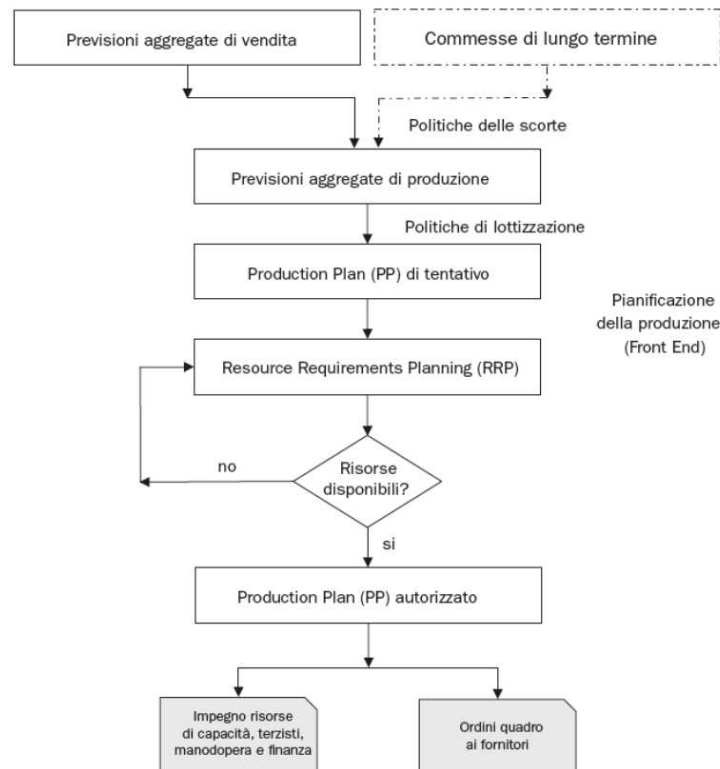


Figura 3.5: Rappresentazione schematica della sequenza delle operazioni svolte per la pianificazione di lungo termine, necessarie per la definizione del Production Plan (PP). (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, IseDI, Torino)

3.2.2 Articolazione del MPCS sul medio termine

Sul medio termine l'obiettivo del sistema di pianificazione e controllo della produzione è la definizione del Piano principale di produzione (Master Production Schedule- MPS) che guida tutte le attività di gestione della produzione. Questo fa riferimento ad un arco temporale comprensivo almeno dei tempi di approvvigionamento e produzione, che indicativamente ha un ordine di grandezza di 4-6 mesi, e ha come input un mix di ordini cliente e previsioni di vendita. L'MPS ha maggior grado di dettaglio rispetto al PP in quanto comporta la trasformazione delle quantità aggregate previste nel PP in quantità fisiche. A tal scopo l'MPS avvia prima una pianificazione "grezza" delle risorse produttive ritenute critiche per la realizzazione del piano, detta Rough Cut Capacity Planning (RCCP). Se questa da esito positivo, l'MPS viene confermato e si passa ad una verifica di dettaglio sui fabbisogni di materiali e capacità produttiva:

- La **Material Requirements Planning** (MRP) verifica la disponibilità dei materiali necessari, tramite l'esplosione delle distinte base e la nettificazione dei fabbisogni lordi
- La **Capacity Requirements Planning** (CRP) verifica la disponibilità di capacità produttiva, tramite il caricamento a capacità infinita/finita dei centri di lavoro utilizzando i cicli di produzione e le informazioni relative alla capacità disponibile

Una volta effettuate queste verifiche vengono rilasciati gli ordini di produzione e di acquisto, gestiti rispettivamente dai sottosistemi di Controllo Avanzamenti e Acquisti. Come si può vedere dallo schema riassuntivo di figura 3.6, la pianificazione di medio termine a differenza di quella di lungo termine, consiste di attività che fanno parte di tutti e tre i livelli del MPCS.

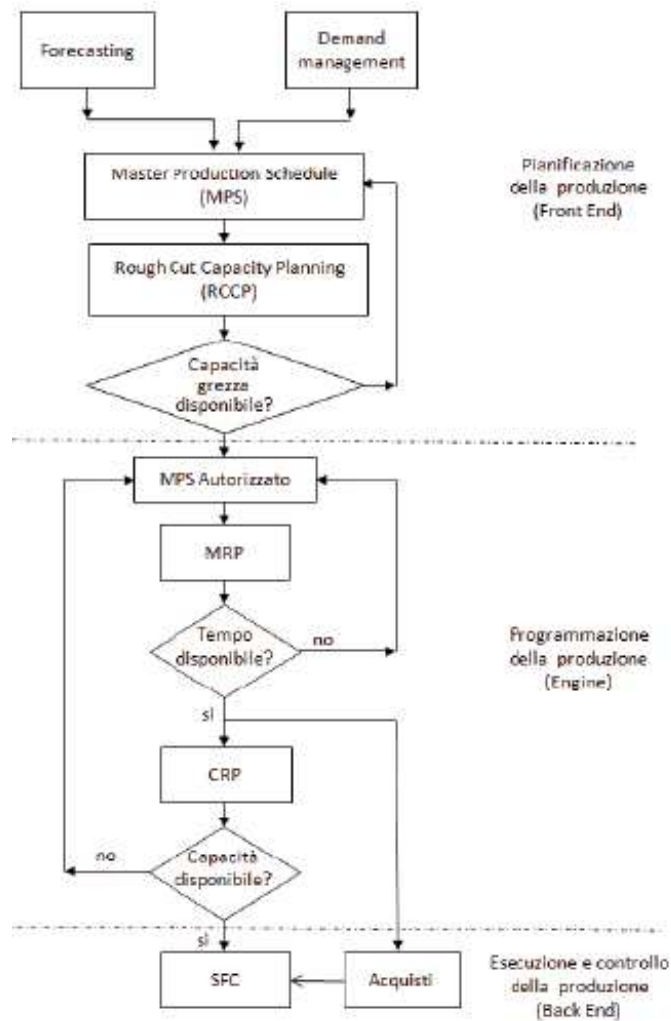


Figura 3.6: Rappresentazione schematica delle attività di medio termine necessarie per la definizione del MPS. Si osserva che queste coinvolgono tutti e tre i livelli del MPCS: Front End, Engine, e Back End. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

3.2.3 Articolazione del MPCS sul breve termine

Sul breve termine l'obiettivo è quello di realizzare il "Piano finale di produzione" (Final Assembly Schedule- FAS) che definisce le quantità di prodotti finiti nelle loro configurazioni finali, e guida pertanto le attività nei reparti produttivi terminali del ciclo di produzione. La stesura di questo piano avviene principalmente a partire da ordini cliente e sulla base di previsioni sul breve termine; il periodo preso in considerazione è dell'ordine di grandezza della settimana o del giorno. Sul breve termine, dopo l'elaborazione del FAS, vengono avviate nuovamente le procedure del MRP e della CRP con l'obiettivo, in questo caso, di individuare rispettivamente eventuali componenti mancanti per la realizzazione del piano, e di verificare la disponibilità di capacità produttiva nei centri di lavoro di valle, dove vengono realizzate le operazioni terminali di produzione. Una volta che tali procedure hanno dato esito positivo, il FAS viene confermato, e gli ordini di produzione vengono rilasciati, sequenziati e ne viene monitorato l'avanzamento fino al versamento a magazzino. Anche in questo caso le attività svolte fanno parte di tutti e tre i livelli del MPCS, come raffigurato in figura 3.7:

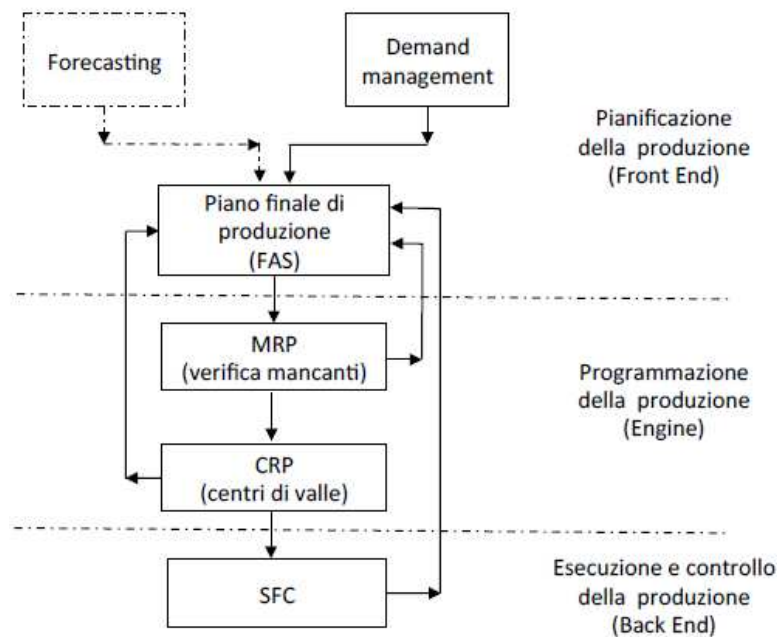


Figura 3.7: Rappresentazione schematica delle attività del MPCS di breve termine, necessarie per la definizione del FAS. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

3.2.4 Caratteristiche dei piani di produzione

Come già detto nei paragrafi precedenti, i tre piani di produzione (PP, MPS e FAS) si articolano su differenti orizzonti temporali e prendono in considerazione oggetti di pianificazione diversi, caratterizzati da un livello di dettaglio crescente man mano che l'orizzonte temporale si riduce. Questo fatto è illustrato qualitativamente in figura 3.8.

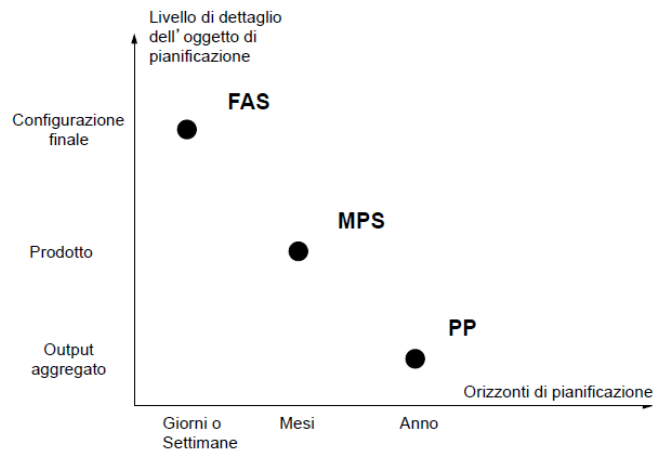


Figura 3.8: La figura confronta il livello di dettaglio degli oggetti di pianificazione con l'orizzonte temporale di pianificazione considerato. Si osserva che al ridursi dell'orizzonte temporale di pianificazione aumenta il livello di dettaglio della pianificazione. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Iseidi, Torino)

Inoltre, va sottolineato che i tre piani di produzione devono essere definiti in modo coerente, nel senso che le quantità definite sul lungo periodo sono un vincolo da rispettare sul medio periodo e a loro volta quelle del medio periodo dovranno essere rispettate nel breve periodo. La congruenza dei piani è schematizzata in figura 3.9: le quantità di produzione definite nell'istante A per il quarto trimestre devono essere coerenti con le quantità complessive definite negli istanti H, K e J a livello di MPS per i mesi di ottobre, novembre e dicembre. Stesso discorso vale per i piani FAS definiti in X, Y, Z e W i quali pianificheranno le attività delle varie settimane di ottobre rispettando le quantità definite in H.

3.3.1 Classificazione delle scorte

Classificando i materiali in base alla loro funzione si distinguono 6 tipologie di scorte, riassunte schematicamente nella tabella 3.1:

Tabella 3.1: Classificazione delle scorte in base alla loro funzione. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

CLASSI FUNZIONALI	DETERMINANTI	OBIETTIVI
1. SCORTE CICLICHE (Cycle Stock)	<ul style="list-style-type: none"> • Sconti quantità di acquisto • Attrezzaggi • Costi fissi di spedizione 	Lavorare per lotti economici
2. SCORTE DI DISACCOPIAMENTO (Decoupling Stock)	<ul style="list-style-type: none"> • Differenti criteri di aggregazione degli ordini • Diversa velocità di funzionamento delle fasi • Colli di bottiglia 	Massimizzare l'efficienza dei fattori produttivi
3. SCORTE DI TRANSITO (Transit Stock)	Tempi lunghi di fornitura e di distribuzione	Garantire il livello di servizio
4. SCORTE DI SICUREZZA (Safety Stock)	Incertezza della domanda e delle forniture	Proteggersi dall'incertezza
5. SCORTE STAGIONALI (Seasonal o Anticipation Stock)	Stagionalità	Bilanciare capacità e carico
6. SCORTE SPECULATIVE (Speculation Stock)	Variazione dei prezzi	Minimizzare i costi di acquisto

1. **Scorte cicliche:** nascono quando gli ordini sono più grandi di quanto strettamente necessario per soddisfare l'ordine del cliente. Trovano giustificazione nel fatto che molte volte non è conveniente da un punto di vista economico produrre o acquistare materiali con la stessa frequenza e nelle stesse quantità in cui vengono consumati. Attrezzaggi di produzione, costi fissi di emissione degli ordini e sconti sulle quantità di acquisto sono motivi per cui si lavora per lotti economici e si generano scorte cicliche.
2. **Scorte di disaccoppiamento:** sono quelle scorte utilizzate per disaccoppiare i vari stadi della catena produttiva e logistica, permettendo di ottimizzare i processi di ogni stadio. Ogni stadio della supply chain può infatti presentare dei criteri di ottimizzazione locale non compatibili con quelli degli stadi adiacenti. Ad esempio, vi possono essere diversi criteri di aggregazione dei prodotti, vi possono essere diverse velocità di funzionamento tra uno stadio e l'altro, e infine vi può essere un collo di bottiglia al quale va garantita la saturazione costante mediante delle scorte a monte. L'alternativa all'investimento in scorte di disaccoppiamento, ovvero in capitale circolante, è l'investimento in capitale fisso come impianti, macchinari e attrezzature.
3. **Scorte di transito:** nascono quando due fasi successive del processo produttivo o distributivo sono geograficamente distanti. I materiali in transito da una fase all'altra rappresentano le scorte di transito. È evidente che maggiore

è la distanza temporale tra le due fasi successive, maggiore sarà l'entità di questa tipologia di scorte. Pertanto, è possibile ridurre questa quantità migliorando o l'efficienza dei sistemi di trasporto utilizzati, o la struttura del sistema distributivo-produttivo.

4. **Scorte di sicurezza:** sono il mezzo utilizzato per fronteggiare l'incertezza della domanda a valle o dei rifornimenti a monte del sistema distributivo-produttivo, per garantire un adeguato livello di servizio. In questo modo si riescono ad ammortizzare sia eventuali variazioni della domanda rispetto a quella attesa, sia interruzioni e ritardi nella produzione e nelle forniture.
5. **Scorte stagionali:** vengono utilizzate per far fronte alla domanda di prodotti caratterizzata da una forte stagionalità. In questi casi infatti le aziende iniziano a produrre a magazzino nei periodi di bassa stagionalità in modo da esser in grado di rispondere al picco di domanda quando questo si manifesterà. È responsabilità del management trovare il giusto equilibrio tra l'investimento in capacità produttiva e l'investimento in scorte stagionali, in modo da minimizzare i costi totali.
6. **Scorte speculative:** sono legate alle variazioni dei prezzi dei materiali d'acquisto durante l'anno. Con queste scorte si cerca dunque di minimizzare gli effetti negativi legati alle oscillazioni dei prezzi.

3.3.2 I costi delle scorte

I costi relativi alla gestione delle scorte possono essere raggruppati in 3 categorie:

- **Costi di emissione dell'ordine**, ossia quelli legati alle operazioni necessarie a ricostituire la scorta. Nel caso di materiali di acquisto il costo di emissione dell'ordine è pari alla somma dei costi amministrativi e dei costi di trasporto:

$$\text{COSTO DI EMISSIONE} = \text{COSTI AMMINISTRATIVI} + \text{COSTI DI TRASPORTO}$$

I costi amministrativi sono quei costi, generalmente fissi rispetto alla quantità da ordinare, legati a tutte le attività aziendali necessarie per la gestione degli ordini: preparazione e spedizione degli ordini, attività di ricevimento e controllo delle merci, attività di mantenimento dei contatti tra azienda e fornitore e di contrattazione dei prezzi. I costi di trasporto invece dipendono dalla quantità ordinata e dalla lunghezza delle tratte da percorrere.

Nel caso di materiali di produzione invece, il costo di emissione è dato dalla somma dei costi di preparazione e dei costi di attrezzaggio:

$$\text{COSTO DI EMISSIONE} = \text{COSTI DI PREPARAZIONE} + \text{COSTI DI ATTREZZAGGIO}$$

I costi di preparazione riguardano tutte quelle attività che vengono svolte ogniqualvolta deve essere lanciato un ordine di produzione: verifica della disponibilità di materiali e capacità produttiva, programmazione delle fasi e dei tempi di lavoro, lancio in produzione e controllo degli avanzamenti, emissione di eventuali solleciti, chiusura dell'ordine e le relative registrazioni. Si tratta di costi poco influenzati dal volume del lotto di produzione. Per quanto riguarda i costi di attrezzaggio invece questi sono legati a tutte quelle operazioni di preparazione dei macchinari per la produzione (pulizia, sostituzione di utensili, regolazione dei parametri di funzionamento).

- **Costi di mantenimento**, nei quali rientrano tutte le spese che nascono per mantenere e gestire le scorte in attesa di essere lavorate o distribuite. In questa categoria rientrano:

-I costi dei mezzi finanziari immobilizzati nelle scorte, costituiti da interessi figurativi sui mezzi propri o da quelli effettivi sui mezzi attinti dal credito bancario.

-I costi correlati all'esercizio dei locali e delle attrezzature del magazzino (corrente, affitti, personale, mezzi di movimentazione ecc.).

-I costi legati agli oneri assicurativi (assicurazioni per proteggere i materiali da possibili danni, furti ecc.) e fiscali (le rimanenze di magazzino di fine anno rappresentano un costo per il nuovo esercizio).

-I costi legati al superamento tecnologico (obsolescenza) od estetico e al deterioramento fisico (senescenza).

-I costi legati al deprezzamento delle materie prime, dovuto alle diminuzioni di prezzo sui mercati di approvvigionamento.

- **Costi di stock-out**, legati all'assenza del materiale richiesto nel magazzino nel momento in cui si manifesta la richiesta. Questo tipo di mancanza può generare un ritardo di produzione, nel caso in cui il cliente sia interno, mentre genera dei veri e propri costi quando il cliente è esterno: questi si manifestano sia in termini di mancato guadagno, ma anche in termini di pagamento di possibili penali e di perdita di fiducia da parte del cliente stesso.

Le prime due categorie di costo vengono prese in considerazione per il calcolo delle quantità di riordino, mentre la terza categoria, quella dei costi di stock out, viene presa in considerazione, insieme ad altri fattori, per il calcolo della scorta di sicurezza in funzione del livello di servizio che si vuole garantire.

3.3.3 Indicatori di gestione dei materiali: l'indice di rotazione

“Gli obiettivi di un sistema di gestione delle scorte sono da un lato garantire un adeguato livello di servizio in termini di quantità, tempi e mix e dall'altro contenere i costi di natura economica e finanziaria”(De Toni e Panizzolo, 2018)². Per misurare queste prestazioni sono stati elaborati diversi indici, fra i quali vi è l'**Indice di Rotazione (IR)**. Questo è definito, sia in termini di quantità che in termini di valore, come il rapporto tra l'ammontare di prodotto consumato in uscita e la giacenza media calcolati rispetto ad un periodo di riferimento:

$$IR_{Quantità} = \frac{Q_{in\ uscita}}{Q_{scorta\ media}} \quad IR_{Valore} = \frac{Q_{in\ uscita} V_{unitario}}{V_{scorta\ media}}$$

Questo indice fornisce una misura della velocità con la quale ruotano i materiali a magazzino ed esprime la frequenza di rotazione del capitale investito in scorte, e può

² De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino

essere calcolato sia in termini aggregati tenendo conto di tutti gli articoli a magazzino, sia in termini di famiglie di prodotto o di singoli articoli.

L'inverso dell'indice di rotazione è definito **Indice di copertura** (IC) ed esprime per quanto tempo le scorte a magazzino coprono il consumo medio di un dato articolo:

$$IC = \frac{1}{IR}$$

Si osserva che all'aumentare dell'indice di copertura aumenta il livello di servizio a scapito però di un aumento del capitale circolante.

3.3.4 Analisi ABC dei materiali

L'analisi ABC è uno strumento di analisi utilizzato nell'ambito della gestione aziendale, basato sul "principio di Pareto" del 80/20, una legge empirica per la quale, considerando grandi numeri, il 20% delle cause è responsabile dell'80% dei fenomeni. Sfruttando questa legge è possibile analizzare un insieme di dati in modo da determinare le poche variabili, fra le tante in esame, che influenzano in modo significativo i risultati finali di un determinato fenomeno. Rispetto all'analisi del sistema di gestione delle scorte, l'analisi ABC permette di suddividere gli articoli del magazzino in tre categorie e di valutare in modo selezionato il loro impatto sulla gestione, sulla base di una o più variabili di analisi.

Si parla di "analisi ABC semplice" quando viene presa in considerazione una sola variabile per identificare le tre classi in cui suddividere gli articoli di magazzino.

Una delle variabili più utilizzate in questo tipo di analisi è il "**Valore di impiego**" definito dalla seguente relazione:

$$\text{Valore d'impiego} = D * V \left[\frac{\text{€}}{\text{periodo}} \right]$$

Dove:

- D è la domanda nel periodo considerato
- V è il valore unitario, pari al costo d'acquisto per i materiali provenienti dall'esterno e al costo industriale per i materiali costruiti internamente

Per eseguire l'analisi ABC rispetto al valore d'impiego è sufficiente seguire 4 passaggi:

- Calcolare il valore d'impiego per ogni articolo oggetto di analisi e ordinare gli articoli per valore d'impiego decrescente
- Calcolare il valore d'impiego percentuale per ogni articolo, rapportando il valore del singolo articolo al valore d'impiego totale di tutti i codici
- Calcolare il valore d'impiego percentuale cumulato, sommando i singoli valori percentuali di ogni articolo
- Identificare le 3 classi A B e C di articoli, identificando 3 valori di soglia del valore d'impiego cumulato. Solitamente i valori di soglia per queste classi sono 80%, 15% e 5%, ma vengono usate anche altre alternative come 60%, 30% e 10% oppure 70%, 20% e 10%.

Si ottiene in questo modo un risultato analogo a quello di figura 3.10 da cui si evince che: un numero ridotto di articoli, circa il 20% del totale, fa parte della classe A ed è responsabile del 80% del valore d'impiego; nella classe B si trova un numero di articoli

pari al 30% del totale, responsabili del 15% del valore d'impiego totale; nella classe C infine sono presenti il 50% degli articoli, responsabili solo di un 5% del valore d'impiego totale.

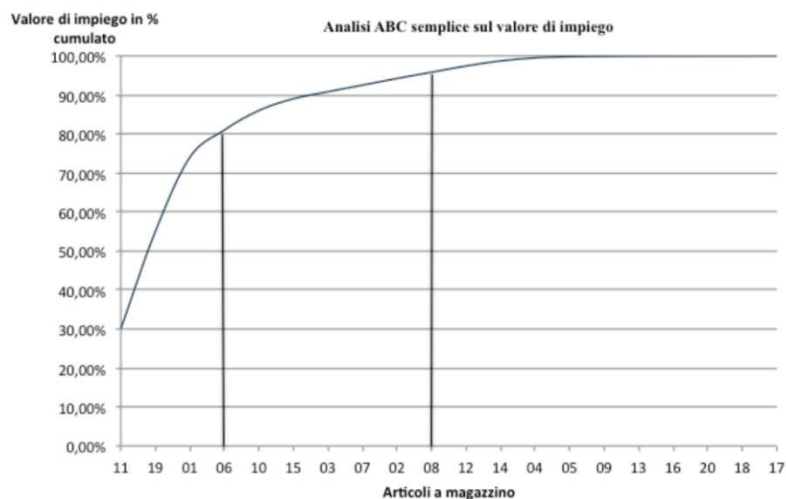


Figura 3.10: Esempio di analisi ABC semplice sul valore d'impiego. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Altri parametri di analisi interessanti utilizzati nell'analisi ABC semplice sono il fatturato generato e la giacenza media, che permettono di valutare rispettivamente in che modo i vari articoli vanno ad impattare sul fatturato e sulla giacenza media a magazzino in un determinato arco temporale.

Per condurre analisi più approfondite, spesso si utilizza "l'analisi ABC incrociata" che permette di incrociare i dati ottenuti da due analisi ABC semplici. Quando si vuole analizzare il sistema di gestione delle scorte, due tipologie di analisi incrociate tipicamente utilizzate sono quella che analizza "giacenza media valorizzata Vs Fatturato generato", nel caso in cui l'analisi sia rivolta ai prodotti finiti, e "giacenza media valorizzata Vs valore d'impiego" nel caso in cui l'analisi sia rivolta ai materiali d'acquisto o semilavorati. Come si vede in figura 3.11, con questo tipo di analisi si individuano 6 possibili classi di appartenenza di un codice:

		VALORE D'IMPIEGO		
		A	B	C
GIACENZA	A	AA	AB	AC
	B	BA	BB	BC
	C	CA	CB	CC

Figura 3.11: Risultato dell'analisi ABC incrociata "giacenza media valorizzata vs valore d'impiego".

3.3.5 Classi di sistemi di gestione dei materiali

L'obiettivo di un sistema di gestione dei materiali è quello di dare risposta a due quesiti fondamentali: quanto ordinare, e quando ordinare. A seconda del modo in cui viene data risposta a questi quesiti, si possono distinguere tre grandi classi di sistemi di gestione dei materiali:

- **Sistemi a scorta o a ripristino:** questa tipologia di sistemi si basa sul principio di ricostruire le scorte quando queste risultano insufficienti rispetto alla domanda attesa. La logica di funzionamento è quella del guardare indietro ai consumi storici (utilizzo di previsioni intrinseche), detta anche "look back", a partire dai quali sono estrapolati i consumi futuri attesi. La tecnica utilizzata da questa classe di sistemi di gestione delle scorte è quella del Punto di Riordino (Reorder Point- ROP) in quanto l'ordine di ripristino della giacenza viene emesso nel momento in cui la scorta scende al di sotto di un valore soglia, detto appunto "punto di riordino". Questa classe di sistemi di gestione delle scorte genera un profilo della giacenza a magazzino analogo a quello di figura 3.12:

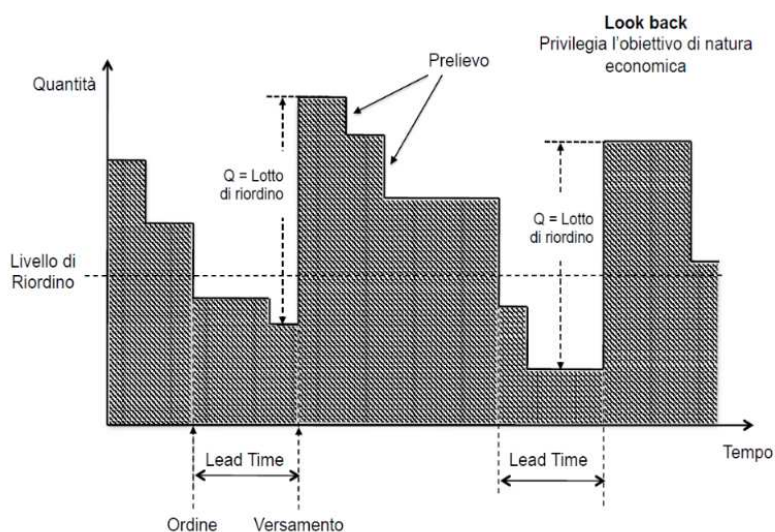


Figura 3.12: La figura rappresenta il profilo temporale della giacenza che si genera con l'utilizzo di un sistema di gestione dei materiali a scorta. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

si sottolinea che l'area sottesa dal profilo a dente di sega è direttamente proporzionale all'investimento finanziario in scorte.

- **Sistemi a piano:** questa tipologia di sistemi si basa sul principio di ricostituire le scorte quando quest'ultime risultano insufficienti rispetto ai fabbisogni futuri: si parla pertanto di funzionamento con logica del "look ahead". I dati di input saranno in questo caso previsioni di vendita e/o ordini cliente per calcolare i fabbisogni futuri (utilizzo di previsioni estrinseche). Il principio di funzionamento di questa classe di sistemi di gestione dei materiali è quello di emettere un ordine se, in riferimento ad un orizzonte temporale fissato, la scorta presente non è sufficiente a coprire i fabbisogni futuri. La tecnica

utilizzata da questa classe di sistemi è quella del Time Phased Order Point (TPOP).

- **Sistemi a fabbisogno:** questa tipologia di sistemi è analoga a quella dei sistemi a piano: la proposta di approvvigionamento viene emessa quando il livello di scorte a magazzino non è sufficiente a coprire un fabbisogno futuro, con la differenza però che questo fabbisogno non è stimato o determinato sulla base di ordini cliente, ma è calcolato tramite l'utilizzo delle distinte base. Questa classe di sistemi di gestione dei materiali infatti viene utilizzata per gestire le scorte di codici a domanda dipendente, il cui consumo dipende da quello di un codice padre al quale sono legati tramite distinta base. La tecnica utilizzata è quella del Material Requirements Planning (MRP). In figura 3.13 è possibile vedere un profilo di magazzino tipico di una gestione a piano o a fabbisogno:

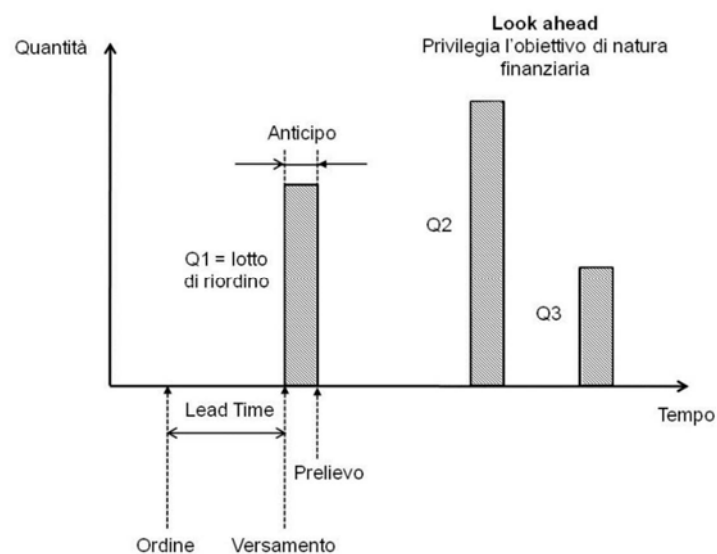


Figura 3.13: La figura rappresenta il profilo temporale della giacenza che si genera con l'utilizzo di un sistema di gestione dei materiali a piano o a fabbisogno. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

si nota che l'area sottesa dagli istogrammi è minore rispetto a quella sottesa dal profilo a dente di sega che si ha con una gestione a ripristino. Da questo fatto si evince che i sistemi di gestione a piano e a fabbisogno permettono di ridurre l'entità della giacenza media a magazzino, rispetto a quella generata dai sistemi di gestione a scorta. Di conseguenza si avranno anche costi di mantenimento minori, i quali però sono bilanciati dai maggiori costi di gestione che i sistemi a piano e a fabbisogno comportano.

Nella matrice di figura 3.14 sono riassunte le caratteristiche fondamentali delle tre classi di sistemi di gestione dei materiali.

LOGICA DI GESTIONE	Guardare avanti ai fabbisogni futuri	Calcolati	A FABBISOGNO (MRP-Material Requirement Planning)		Tempificati
	Su previsioni estrinseche o su ordini cliente	A PIANO (TPOP-Time Phased Order Point)			
	Guardare indietro ai consumi storici (previsioni intrinseche)	A SCORTA (ROP-Reorder Point)		Non tempificati	
		Codici a domanda Indipendente	Codici a domanda Dipendente		
		Tipo di domanda			

Figura 3.14: La matrice evidenzia in modo sintetico le caratteristiche delle tre classi di sistemi di gestione dei materiali descritte, prendendo in considerazione la logica di gestione, il tipo di domanda, il tipo di ordini e la tecnica utilizzata per l'elaborazione dell'ordine. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

3.3.6 Individuazione della tecnica di gestione più idonea

A livello operativo è necessario determinare quali sono le variabili da prendere in considerazione per individuare la classe e la tecnica di gestione dei materiali più adatta al caso considerato. Va specificato che questa scelta deve essere fatta tenendo in considerazione che la soluzione migliore per ogni singola realtà aziendale è data da un mix di tecniche e classi diverse per differenti gruppi di materiali. Fra le variabili da prendere in considerazione nel processo di identificazione della classe e della tecnica di gestione più idonea ricordiamo:

1. Valore d'impiego

Come descritto nei paragrafi precedenti, il valore d'impiego di un articolo è dato dal prodotto del suo valore unitario per il suo consumo, in un'unità di tempo definita. In generale si può affermare che per i materiali ad elevato valore d'impiego, quelli appartenenti alla classe A e B in un'ipotetica analisi ABC, è più idoneo utilizzare tecniche di gestione della classe a fabbisogno (tipicamente MRP). Con questo tipo di tecniche infatti si riesce a ridurre la giacenza media a magazzino abbattendo così i costi di stoccaggio, a fronte però di maggiori costi logistici legati alla complessità del metodo. Viceversa, per i

codici a basso valore d'impiego, quelli appartenenti ad un'ipotetica classe C, è consigliabile adottare una tecnica di gestione della classe a scorta, accettando maggiori livelli di giacenza media, ma abbattendo i costi logistici vista la semplicità del metodo.

2. Caratteristiche del consumo

Vi sono due caratteristiche del consumo che vanno ad impattare sulla scelta della tecnica di gestione più appropriata: la frequenza e la variabilità. Per quanto riguarda la frequenza questa viene quantificata calcolando, rispetto ad un determinato arco temporale, il parametro statistico chiamato “densità degli zeri” (DZ) e definito dalla relazione:

$$DZ = \frac{\text{periodi a domanda nulla}}{\text{periodi totali}}$$

A seconda del valore di DZ assunto, gli articoli possono essere classificati in 3 categorie definite da precisi valori di soglia di DZ, come si vede in tabella 3.2:

Tabella 3.2: Valori di soglia proposti in letteratura per l'individuazione delle classi di frequenza Runners, Repeaters e Strangers. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Densità degli zeri	Frequenza del consumo	Denominazione
0<DZ<15-20%	alta	Runners
20%<DZ<50%	media	Repeaters
DZ>50%	bassa	Strangers

Analogo ragionamento può essere fatto per la variabilità del consumo: in questo caso il parametro statistico utilizzato per la caratterizzazione è il “coefficiente di variazione” (CV) definito dalla relazione:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove σ e μ sono rispettivamente la deviazione standard e il valor medio della serie storica considerata. Questo parametro esprime la percentuale di variazione della serie storica rispetto al valor medio e, essendo adimensionale, permette di confrontare la dispersione di serie storiche differenti. In maniera analoga a quanto fatto per la frequenza anche in questo caso è possibile identificare dei valori di soglia di CV sulla base dei quali identificare tre classi di variabilità in cui possono essere suddivisi gli articoli considerati. Come si può vedere in tabella 3.3 in letteratura sono presenti diversi valori di soglia per le classi di variabilità:

Tabella 3.3: Valori di soglia proposti in letteratura per l'individuazione delle classi di variabilità del consumo: X, Y e Z. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Fonte	Classe X	Classe Y	Classe Z
Krzyżaniak S., Inventory Mangement, ECR Europe Forum & Marketplace, 3-5 June, 2009, Barcelona	$CV \leq 0,2$	$0,2 < CV \leq 0,6$	$CV > 0,6$
Conze M., Bystron K., Günthner W.A., XYZ-Analyse für volatile Produktionsprogramme, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 107, n.10, 2012, pp. 727-730	$CV \leq 0,25$	$0,25 < CV \leq 0,5$	$CV > 0,5$
Scholz-Reite B., Heger J., Meinecke C., Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 N. 4, 2012, pp. 445-451	$CV \leq 0,5$	$0,5 < CV \leq 1$	$CV > 1$
Dallari F., Milanato D., Il planning dei prodotti a bassa domanda, Logistica e Management, maggio, pp.32-35, 2012	$CV \leq 0,7$	$0,7 < CV \leq 1,4$	$CV > 1,4$

Dal momento che frequenza e variabilità influenzano entrambe la scelta della tecnica di gestione più adatta per l'articolo considerato, è possibile fare un'analisi incrociata per considerare entrambe le variabili confrontando le tre classi di frequenza con le tre classi di variabilità. Si ottiene un modello come quello in figura 3.15 che permette di caratterizzare il tipo di consumo che si sta analizzando, sia in termini di variabilità che di frequenza:

Variabilità del consumo	alta	Z	$CV > 1,5$	consumo sporadico (lumpy)		consumo erratico
	media	Y	$0,4 < CV < 1,5$	consumo intermittente		
	bassa	X	$CV < 0,4$	consumo regolare (smooth)		
				DZ > 50%	$15\% < DZ < 50\%$	DZ < 15%
				Strangers	Repeaters	Runners
				bassa	media	alta
				Frequenza del consumo		

Figura 3.15: La matrice è il risultato dell'analisi incrociata tra frequenza e variabilità del consumo. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Si parla di “consumo regolare” quando si ha frequenza di consumo medio-alta e variabilità ridotta, di “consumo intermittente” quando la frequenza e la variabilità sono entrambe ridotte, di “consumo erratico” quando la frequenza e la variabilità sono entrambe alte, infine di “consumo sporadico” quando la

frequenza è medio bassa e la variabilità è elevata. Sulla base di questa caratterizzazione è possibile individuare quali sono le tecniche di gestione che meglio si adattano al caso considerato:

-Per articoli collocabili nella zona del consumo regolare, è più opportuno utilizzare tecniche di gestione della classe a scorta. Infatti, da un lato la ridotta variabilità aumenta l'affidabilità delle previsioni, sia che queste siano di tipo intrinseco che estrinseco, dall'altro l'elevata frequenza di consumo va a ridurre i rischi di elevata permanenza della giacenza

-Per articoli collocabili nella zona del consumo sporadico invece sono più indicate tecniche di gestione della classe a fabbisogno o a piano. Infatti, una gestione a scorta con questa tipologia di consumo risulterebbe poco efficiente in quanto, da un lato l'elevata variabilità riduce l'affidabilità delle previsioni e porta ad elevati valori delle scorte di sicurezza, dall'altro la frequenza ridotta aumenta il rischio di giacenza prolungata

3. Domanda dipendente o indipendente

Si parla di "codici a domanda dipendente" quando la domanda di questi è nota sia in termini di quantità sia in termini di momenti di consumo. È il caso di sotto-assiemi, componenti e materie prime la cui domanda dipende dalla richiesta di prodotto finito al quale sono legati tramite distinta base. Per questa categoria di prodotti le tecniche di gestione più adatte sono quelle della categoria a fabbisogno: la domanda di questi codici viene infatti calcolata sulla base della quantità richiesta di prodotti finiti tramite le relazioni della distinta base.

Si parla invece di "codici a domanda indipendente" quando la domanda di questi dipende direttamente dalle richieste di mercato. È il caso di prodotti quali prodotti finiti, parti di ricambio o prodotti necessari ai processi di produzione ma indipendenti dai volumi realizzati come lubrificanti, bulloneria, parti di ricambio di macchinari ecc. Per questa categoria si ha che:

-Quando il consumo è poco regolare e variabile, è conveniente l'utilizzo di tecniche della classe a fabbisogno

-Quando il consumo è regolare, ci si può indirizzare anche verso tecniche della classe a scorta, facendo attenzione alla variabilità della domanda

4. Larghezza e profondità della distinta base

Per "larghezza della distinta" si fa riferimento al numero medio di codici per livello; in generale si parla di distinte "larghe" quando si hanno indicativamente livelli con 20-25 codici. Con questa tipologia di distinte è preferibile l'utilizzo di tecniche di gestione della classe a fabbisogno, in quanto queste garantiscono un livello di servizio sul padre maggiore rispetto a quello garantito da tecniche di gestione della classe a scorta. Consideriamo ad esempio un codice padre con quattro codici figli aventi ognuno un livello di servizio del 83%: in questo caso la probabilità di disporre contemporaneamente di tutti 4 i codici per assemblare il padre è pari a $0.83^4=0.47$. Se i figli fossero 10 anziché 4, il livello di servizio del padre scenderebbe al 15%: si comprende pertanto il vantaggio di utilizzare tecniche di gestione a fabbisogno in questi casi, le quali assicurano un livello di servizio del 100%.

Per “profondità della distinta base” si fa invece riferimento al numero di livelli della distinta; una distinta è definita profonda quando questa è almeno di 3-4 livelli. In queste situazioni è poco conveniente l'utilizzo di tecniche di gestione della classe a scorta per i codici dei livelli inferiori. Accade infatti che l'utilizzo di lotti di riordino per quantità prefissate ai livelli più alti della distinta base, genera discontinuità della domanda sui codici dei livelli inferiori creando discontinuità. Questo fenomeno, conosciuto con il termine di “Lumpy Demand”, causa un aumento delle scorte di sicurezza sui prodotti finiti a causa della variabilità della domanda. È questo il motivo per cui è sconsigliabile l'utilizzo di tecniche di gestione della classe a scorta per prodotti con distinte base profonde

3.4 Il lotto economico di acquisto e di produzione

Il modello del lotto economico (**Economic Order Quantity- EOQ**) è stato proposto nel 1913 da Ford Whitman Harris per determinare la quantità ottimale di riordino che permette di minimizzare i costi di emissione dell'ordine e i costi di mantenimento delle scorte. Il modello presuppone le seguenti ipotesi semplificative rispetto alla realtà operativa:

- Gli articoli hanno domanda nota e costante nel tempo
- Il valore unitario degli articoli è noto, costante nel tempo e indipendente dalla quantità
- I costi di mantenimento delle scorte sono proporzionali al valore dell'articolo e al tempo di permanenza nel magazzino
- Le quantità ordinate vengono versate a magazzino in unica soluzione
- Non esistono vincoli riguardanti la capacità di magazzino, la quantità da ordinare, il capitale richiesto per acquistare o produrre la merce
- Non sono consentite rotture di stock: la domanda viene soddisfatta senza far attendere il cliente

Le variabili prese in considerazione invece sono:

- Q =quantità ordinata ad ogni ciclo
- D =domanda nel periodo considerato
- k =costo unitario di emissione dell'ordine
- i =tasso annuo di mantenimento delle scorte
- v =valore unitario della merce
- C_m =costo di mantenimento
- C_e =costo di emissione dell'ordine
- LT = tempo di consegna dell'ordine

Nelle ipotesi semplificative precedentemente assunte, la giacenza a magazzino è rappresentata dal grafico a dente di sega di figura 3.16:

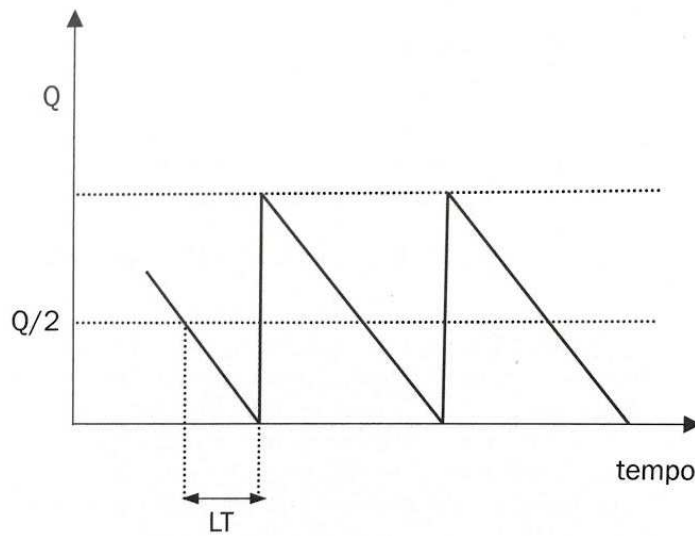


Figura 3.16: Profilo temporale della giacenza nelle ipotesi semplificative previste dal modello del lotto economico. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

si osserva che se Q è la quantità versata ad ogni ciclo a magazzino, la giacenza media presente a magazzino può essere assunta pari a $Q/2$. Si ricavano pertanto i costi di mantenimento e i costi di emissione dell'ordine:

- $C_m = \frac{Q}{2} \cdot v \cdot i$
- $C_e = n \cdot k = \frac{D}{Q} \cdot k$

Il costo totale dell'ordine è dato dalla somma del costo di emissione e del costo di mantenimento:

$$CT = C_m + C_e = \frac{Q}{2} \cdot v \cdot i + \frac{D}{Q} \cdot k$$

In figura 3.17 è possibile osservare l'andamento dei tre costi in funzione della quantità ordinata Q :

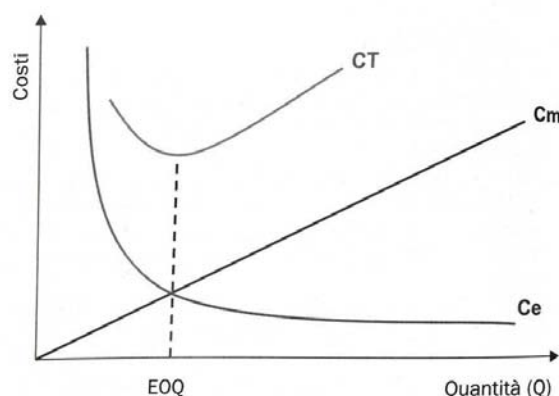


Figura 3.17: Andamento delle tre tipologie di costo descritte: Costo di mantenimento, Costo di emissione e Costo totale dell'ordine. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Si osserva che mentre il costo di emissione e mantenimento sono rispettivamente inversamente e direttamente proporzionali all'entità del lotto. Inoltre, si ha che la funzione del costo totale presenta un punto di minimo in corrispondenza dell'intersezione delle curve dei due costi: il valore di Q in corrispondenza di tale punto è definito Economic Order Quantity- EOQ :

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k}{v \cdot i}}$$

Le difficoltà principali che si hanno nell'applicazione di tale modello, riguardano la determinazione dei vari parametri che compaiono nell'equazione in particolare:

-Il primo problema riguarda la determinazione della domanda attesa D complessiva nel periodo, in modo particolare quando si ha a che fare con codici nuovi di cui non si hanno informazioni storiche di mercato

-Il secondo problema riguarda la determinazione di k , ossia del costo di tutte le attività necessarie per l'emissione dell'ordine, che non sono sempre facili da individuare e da quantificare

-Infine, il quarto problema riguarda la quantificazione dei costi di magazzino: un errore commesso di frequente è quello di attribuire ad i un valore pari al solo interesse passivo bancario o l'interesse attivo a cui si rinuncia perché si investe in scorte. Così facendo infatti si rischia di sottostimare il costo annuo effettivo della scorta a magazzino, in quanto si trascurano tutti i costi di mantenimento della scorta a magazzino. Numerosi studi e ricerche del settore hanno infatti dimostrato che, considerando tutti i costi di mantenimento oltre agli oneri finanziari, il tasso annuo di mantenimento delle scorte arriva ad assumere valori compresi tra il 15% e il 42%, ben lontani dal 4% associato ai soli oneri finanziari.

Il semplice profilo a dente di sega che si osserva in figura 3.16 assume, come detto, che il versamento della quantità di materiale a magazzino avvenga tutto in un determinato istante. Questa situazione tuttavia non si verifica sempre, in quanto il versamento a magazzino si può avvenire con continuità in un certo arco temporale.

Si individuano in generale 3 casi in cui si verifica questa situazione:

1. Ordini di produzione per quantità particolarmente elevate, situazione tipica delle produzioni per processo
2. Necessità di versare le quantità prodotte progressivamente a magazzino quando gli ingombri dei materiali a piè di macchina sono elevati
3. La domanda è continua e dunque si risponde con un flusso di produzione il più possibile continuo

In questi casi il profilo delle scorte a magazzino è assimilabile qualitativamente a quello di figura 3.18:

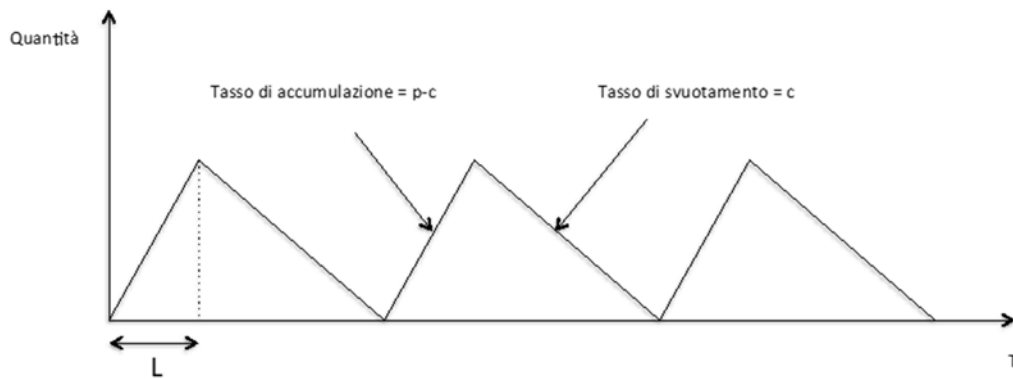


Figura 3.18: Profilo temporale della giacenza con versamento continuo.

si osserva che nell'intervallo temporale in cui i materiali vengono versati, contemporaneamente la domanda contribuisce a diminuire la quantità di tali materiali a magazzino. Si possono definire pertanto due parametri per descrivere l'andamento della giacenza: un "tasso di svuotamento" c e un "tasso di accumulazione" pari a $p-c$, dove p è la produzione versata a magazzino nell'arco temporale considerato. In questi casi la quantità ottimale da produrre viene identificata con il termine **Economic Production Quantity** – EPQ e si determina sempre andando a calcolare il minimo della funzione di costo totale annuo che in questo caso però richiede una formulazione diversa:

$$CT = C_m + C_e = \frac{L(p-c)}{2} \cdot v \cdot i + \frac{D}{L \cdot p} \cdot k$$

dove:

- D = valore della domanda annua
- p = produzione giornaliera versata a magazzino
- c = è il consumo giornaliero di materiali dal magazzino
- L = durata del periodo di produzione del particolare i -esimo
- $Q=L \cdot p$ lotto di produzione
- $p-c$ = ritmo di aumento delle scorte nel periodo L
- $L \cdot (p-c)$ = entità della giacenza alla fine di L
- $L \cdot (p-c)/2$ =giacenza media

- k = costo di emissione ordini
- v = valore unitario, pari al costo industriale nel caso di componenti di produzione
- i = tasso annuo di mantenimento delle scorte
- n = numero di ordini rilasciati in produzione su base annua

Il minimo della funzione di costo totale si ha in questo caso in corrispondenza del valore:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k}{v \cdot i \cdot \left(1 - \frac{c}{p}\right)}}$$

L'equazione che si ottiene è analoga a quella del lotto economico di acquisto EOQ, a meno del coefficiente adimensionale:

$$\left(1 - \frac{c}{p}\right)$$

Si osserva tuttavia che nel caso di lotto economico di acquisto il valore di p tende all'infinito, dal momento che si ha un'immissione in blocco di una certa quantità, e pertanto il coefficiente assume valore unitario: si ricade così nel caso del lotto economico di acquisto.

3.5 La scorta di sicurezza: dimensionamento in funzione del grado di copertura desiderato

La funzione della scorta di sicurezza, come già spiegato nel paragrafo 3.3.1, è quella di fronteggiare due tipologie di incertezza:

- L'incertezza sulla domanda, intesa come incertezza sulle quantità
- L'incertezza sui tempi di fornitura

Come è possibile osservare nel grafico di figura 3.19, queste due incertezze possono portare a rotture di stock con conseguenti costi.

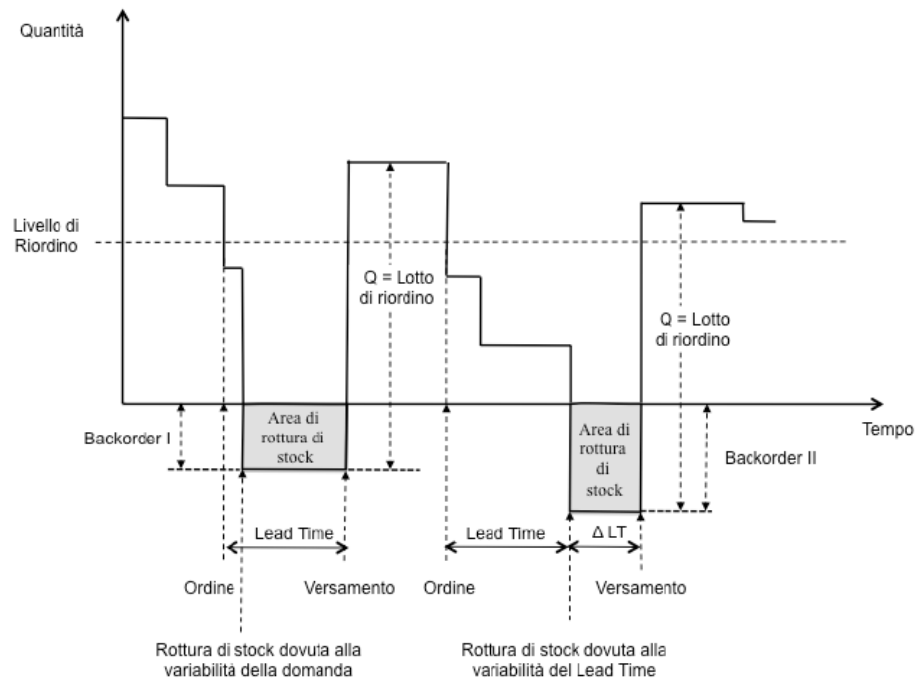


Figura 3.19: La figura rappresenta gli effetti dell'incertezza sulle quantità (variabilità della domanda) e sui tempi di riordino (variabilità del Lead Time). (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino)

Da quanto detto emerge che, applicando il “principio di sovrapposizione degli effetti”, è possibile dimensionare la scorta di sicurezza come la somma di due componenti:

$$SS_{TOT} = SS_C + SS_{LT}$$

dove la prima componente SS_C fronteggia l'incertezza sulle quantità, supposti noti e costanti i tempi di fornitura, mentre la seconda componente SS_{LT} fronteggia l'incertezza sui tempi, supposte noti e costanti le quantità. Il dimensionamento di queste quantità può essere fatto secondo vari criteri: si decide in questo contesto di utilizzare il criterio che dimensiona la scorta di sicurezza in funzione del livello di servizio desiderato. Questo criterio prevede di considerare come dati di input le distribuzioni statistiche della domanda e dei tempi di fornitura storici, rispetto ad un

intervallo temporale prefissato (giorno, settimana, mese, anno), le quali saranno caratterizzate da determinati valori della media μ e della deviazione standard σ . Nell'ipotesi di distribuzioni gaussiane, si ottengono per la domanda e per i tempi due distribuzioni statistiche analoghe a quelle di figura 3.20:

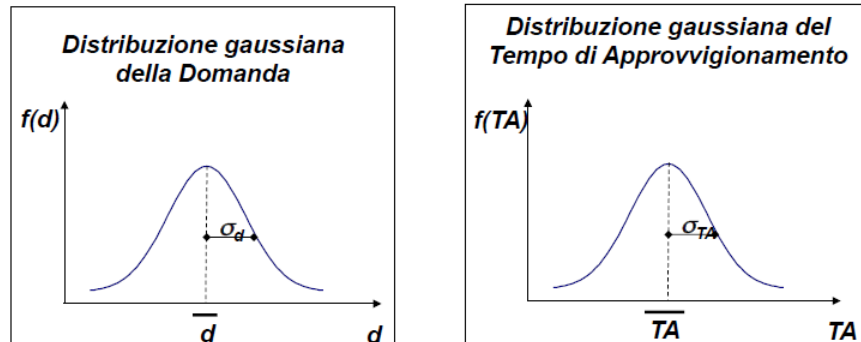


Figura 3.20: Distribuzioni statistiche della domanda e dei lead time di approvvigionamento nell'ipotesi di distribuzione gaussiana.

Prendendo in considerazione la curva della domanda d , si ha che l'area sottesa dalla curva fino al valore di d^* scelto rappresenta il livello di servizio garantito da quel valore, mentre la restante area quantifica il corrispettivo rischio di stock out (figura 3.21). Analogo ragionamento può essere fatto per il grafico dei tempi.

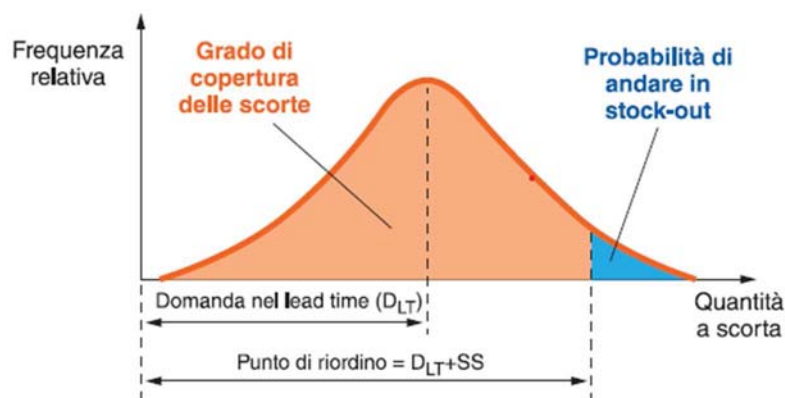


Figura 3.21: Dimensionamento delle scorte di sicurezza in funzione del livello di servizio desiderato (Grado di copertura delle scorte). (Dallari F., Milanato D., 2013, Dimensionamento corretto delle scorte di sicurezza, *Logistica*, a. 44, n. 1, pp. 35-39)

Sulla base di queste considerazioni si ha che la scorta di sicurezza, in funzione del livello di servizio che si vuole garantire, può essere ricavata con la formula:

$$SS = k \cdot \sigma$$

dove σ è la deviazione standard associata alla variabile che si sta considerando e k è un fattore di sicurezza, il cui valore dipende dal livello di servizio che si vuole garantire, secondo le relazioni di tabella 3.4:

Tabella 3.4: Relazione tra k e il corrispettivo valore del livello di servizio. (Dallari F., Milanato D., 2013, Dimensionamento corretto delle scorte di sicurezza, *Logistica*, a. 44, n. 1, pp. 35-39)

Livello di servizio	Coefficiente k
85.0%	1.04
90.0%	1.28
95.0%	1.64
98.0%	2.06
99.0%	2.33
99.5%	2.58
99.8%	3.00

Da notare che k aumenta in modo più che lineare all'aumentare del customer service level richiesto: “piccoli incrementi percentuali di livello di servizio richiedono piccoli incrementi percentuali di livello di servizio richiedono grandi investimenti in termini di allestimento di quantità di safety stock” (Dallari e Milanato, 2003)³.

Da quanto detto segue che le formule per il calcolo delle scorte di sicurezza sulla domanda e sui tempi di fornitura sono rispettivamente:

$$SS_c = k \cdot \sigma_D$$

$$SS_{LT} = k \cdot \sigma_{LT} \cdot u_D$$

Si osserva che per il calcolo della scorta di sicurezza sui tempi, l'incertezza sui tempi viene ribaltata come incertezza sui consumi. Va inoltre sottolineato che se la σ della domanda è calcolata ad esempio su base settimanale, ma il lead time di fornitura è di n settimane, allora la deviazione standard deve essere corretta secondo la seguente relazione, in quanto nel lead time vi sarà probabilità di variazione della domanda:

$$\sigma = n \cdot \sqrt{\sigma'}$$

dove σ' è la deviazione standard inizialmente calcolata.

Applicando infine il principio di sovrapposizione degli effetti si ottiene la scorta di sicurezza complessiva, che conteggia entrambe le due tipologie di incertezza, data dall'equazione:

$$SS = k \cdot \sigma = k \cdot \sqrt{\mu_{LT} \cdot \sigma_D^2 + \mu_D^2 \cdot \sigma_{LT}^2}$$

Concludiamo il paragrafo dicendo che nella maggior parte dei casi questa formula non viene utilizzata e la scorta di sicurezza viene dimensionata solamente in funzione

³ Dallari F., Milanato D., 2013, Dimensionamento corretto delle scorte di sicurezza, *Logistica*, a. 44, n. 1, pp. 35-39.

dell'incertezza sulle quantità. Questo perché generalmente l'incertezza sui tempi di fornitura è decisamente più ridotta rispetto a quella sulla domanda, essendo governabile tramite accordi cliente-fornitore, e pertanto si può assumere senza gravi errori la scorta di sicurezza complessiva pari a quella sulla domanda. Inoltre, sempre a giustificazione di questa scelta, si ha che la distribuzione statistica sulla base della quale applicare i modelli descritti per essere definita gaussiana richiede che vengano presi in considerazione almeno 35 campioni. Il numero di dati richiesto però, facendo riferimento ad una media di 2-3 ordini al mese presso i fornitori, richiederebbe un intervallo di analisi troppo esteso, che non sarebbe più significativo ai fini dell'analisi.

3.6 Il test di Kolmogorov-Smirnov

Il test di Kolmogorov-Smirnov è un test statistico non parametrico che permette di valutare se un campione di variabili provenga da una distribuzione $F(x)$. Si parla di test non parametrico in quanto questo non richiede che vi siano delle ipotesi aprioristiche sulle caratteristiche della popolazione campionaria.

Siano $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq X_{(3)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ le n osservazioni ordinate della popolazione campionaria: supponiamo di voler verificare se tale insieme possa essere stato generato da una funzione densità di probabilità $F(x)$. Chiamiamo H_0 l'ipotesi che il campione provenga da $F(x)$ (ipotesi nulla). La funzione di distribuzione empirica cumulativa $R_n(x)$ è definita come la frazione delle $X_{(i)}$ che è minore o uguale a x per ogni x :

$$R_n(x) = \frac{\text{numero di osservazioni} \leq x}{n}$$

Indichiamo con $R(x)$ la funzione cumulativa di $F(x)$. La statistica di Kolmogorov-Smirnov è definita dalla relazione:

$$KS = \sup_{x \in \mathbb{R}} |R_n(x) - R(x)|$$

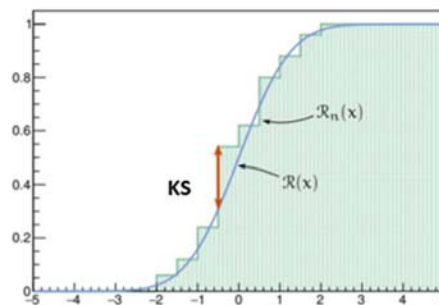


Figura 3.22: Rappresentazione schematica del significato del parametro KS (Furieri T., a.a. 2015-2016, *Test di Kolmogorov-Smirnov nel caso di Osservazioni Dipendenti*, Tesi di laurea triennale, Università degli Studi di Padova, relatore Prof. Attilio Stella).

Come si può vedere dal grafico di destra di figura 3.22, questo parametro va a quantificare il massimo scostamento verticale tra la cumulata della funzione empirica e la cumulata della funzione di distribuzione di riferimento, identificando così il massimo scostamento tra le due distribuzioni.

Il valore ottenuto di KS deve essere confrontato con il valore critico $K_{\alpha,n}$ che si ricava dalle tavole di Miller (riportate in appendice A) in funzione dei due parametri α e n , dove α è il “livello di accettabilità” definito dalla relazione:

$$\alpha = \text{Probabilità } (K \geq K_{\alpha,n})$$

Il livello di accettabilità rappresenta la probabilità che un campione di n elementi generato dalla distribuzione $F(x)$ restituisca un valore $KS=K \geq K_{\alpha,n}$. Detta in altre parole, α rappresenta la probabilità di rifiutare l'ipotesi nulla quando questa è vera. Pertanto, se risulta $KS \geq K_{\alpha,n}$ è necessario rifiutare l'ipotesi nulla H_0 con un livello di confidenza pari a α , mentre se $KS \leq K_{\alpha,n}$ è possibile accettare l'ipotesi nulla con un livello di confidenza $P=(1-\alpha)\%$.

4 Descrizione del MPCS in Stuzzità

L'obiettivo principale di questo capitolo è quello di illustrare le tematiche principali affrontate in questo progetto di tesi: nei paragrafi 4.4 e 4.5 verranno descritte le logiche di risposta al mercato e la struttura del sistema di pianificazione e controllo della produzione dell'azienda, evidenziando le criticità degli approcci attualmente utilizzati. Infine, nel paragrafo 4.6 saranno illustrati i punti principali del percorso di miglioramento individuato. L'obiettivo dei primi 3 paragrafi invece è quello di fornire le informazioni complementari per la comprensione di quanto descritto nei paragrafi centrali del capitolo.

4.1 Organizzazione del lavoro

L'organizzazione del lavoro in Stuzzità prevede 6 giorni lavorativi settimanali, strutturati dal lunedì al venerdì in 1 o 2 turni da 7 ore (a seconda delle esigenze di produzione), il sabato in un unico turno di 5 ore. Il personale di produzione è composto da 19 risorse (tabella 4.1) che comprendono:

Tabella 4.1: Mansioni del personale produttivo.

SALA IMPASTI	PRODUZIONE	LIEVITAZIONE E FORNI	CONFEZIONAMENTO	MAGAZZINO
2 RISORSE	11 RISORSE	2 RISORSE	3 RISORSE	1 RISORSA
Preparazione impasti	Reparti di formatura, farcitura, cella dei salami	Reparto lievitazione e cottura, gestione dei flussi di carrelli	Reparto di confezionamento	Gestione dei magazzini locali e approvvigionamento reparti

- Due impastatori, che si occupano della gestione della sala impasti, che prevede sia la preparazione degli impasti sia l'approvvigionamento e la sincronizzazione con le macchine del reparto formatura
- Undici risorse per le operazioni nei reparti di produzione: formatura, farcitura e cella dei salami al cioccolato
- Due responsabili dei reparti di lievitazione e cottura. La mansione principale di queste risorse è quella di gestire i flussi di carrelli nella fase di lievitazione e cottura in modo che vengano rispettati i tempi tecnici necessari alla corretta realizzazione del ciclo produttivo
- Tre confezionatori che si occupano di tutte le operazioni svolte all'interno del reparto di confezionamento
- Un magazziniere, le cui mansioni principali sono la gestione dei magazzini locali delle materie prime e dei prodotti finiti, la gestione delle operazioni di carico e scarico dei vettori di trasporto e l'approvvigionamento di materie prime e materiali di imballaggio dei vari reparti di produzione

Va specificato che, a differenza di tutti gli altri reparti, il reparto di formatura richiede un numero di risorse per turno che può variare in funzione:

- Del tipo di prodotto che deve essere realizzato: il numero di macchine coinvolte per la formatura e il numero di risorse necessarie per ogni macchina cambiano al variare del prodotto da realizzare. Ad esempio, considerando la famiglia dei prodotti tipo pane, si hanno articoli come il Pan Ricottino che in fase di formatura

richiedono una sola macchina con due operatori, altri come le Crocchie che richiedono due macchine con due operatori ciascuna, per un totale di 4 risorse

- Del numero di produzioni lanciate in parallelo. La capacità produttiva della sala impasti limita a 2 il numero di produzioni in parallelo che possono essere lanciate nel reparto formatura per turno. Il numero di risorse necessarie per turno pertanto varierà a seconda del numero di produzioni lanciate

Invece, per tutti gli altri reparti e per le operazioni nella cella dei prodotti di pasticceria, il numero di risorse per turno è sempre lo stesso: per ogni turno di farcitura, ad esempio, saranno necessarie sempre 5 risorse, invece per ogni turno di confezionamento 3. Inoltre, in questi reparti non è possibile lanciare più produzioni in parallelo.

Dunque, in sede di pianificazione, individuati i prodotti che devono essere lanciati in produzione, vengono definiti i reparti coinvolti, il numero di risorse necessarie per ogni reparto e il numero di turni. Le risorse destinate ai reparti di produzione vengono organizzate in gruppi di lavoro: all'interno di uno stesso turno il gruppo di lavoro può cambiare mansione, passando da un reparto all'altro, e più gruppi possono essere aggregati o disaggregati per ottenere il numero di risorse necessario a svolgere una determinata operazione. Per quanto riguarda il reparto di confezionamento questo viene organizzato sempre in un solo turno, la cui fascia oraria può variare a seconda delle esigenze logistiche e di produzione.

Dal momento che per ogni turno sono necessari solo un impastatore e un responsabile dei reparti di lievitazione e cottura, quando la giornata viene organizzata in un solo turno, le due risorse che si recuperano (un impastatore e un responsabile di lievitazione e forni) diventano dei "jolly", e vengono assegnate a mansioni in altri reparti. Queste due risorse hanno anche il ruolo di capiturno, ossia si occupano di coordinare le operazioni tra i vari reparti, di monitorare eventuali ritardi e problematiche, sulla base dei quali si interfacciano con il responsabile di produzione per intervenire eventualmente sulla pianificazione prevista per la giornata.

4.2 Distinte base e cicli di produzione

Come già spiegato nel primo capitolo, i prodotti del catalogo di Stuzzità possono essere suddivisi in due grandi categorie: la categoria dei prodotti da pasticceria e la categoria dei prodotti da forno.

L'unico articolo fra i **prodotti di pasticceria** è il salame al cioccolato, realizzato in quattro varianti di gusto. Il modello di distinta base di questa tipologia di prodotto è quello rappresentato nello schema di figura 4.1.

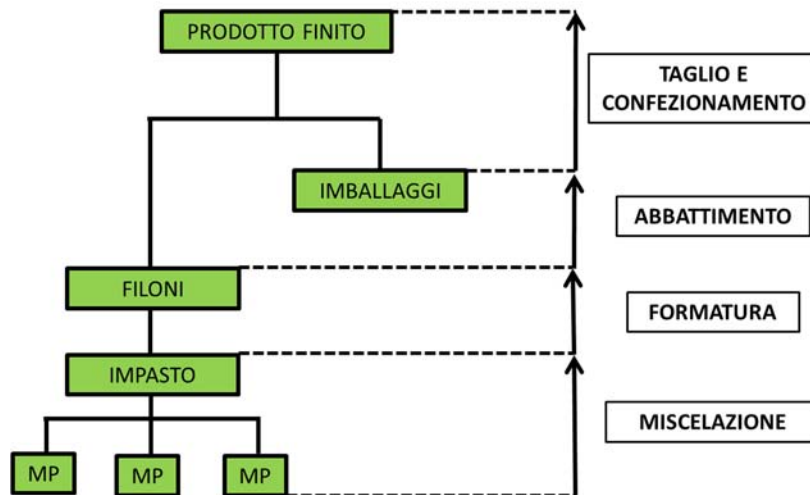


Figura 4.1: Distinta base e fasi del ciclo di produzione del prodotto salame al cioccolato.

Come si può osservare il ciclo di produzione inizia con la fase di preparazione dell'impasto, seguita da quella di formatura dei filoni. Questi vengono realizzati a partire dall'impasto iniziale e vengono collocati manualmente su delle teglie ondulate. Le teglie vengono a loro volta collocate su carrelli tramite i quali i filoni vengono movimentati nella cella di abbattimento, dove rimangono fino al raggiungimento della temperatura di -18°C . L'abbattimento dei filoni è fondamentale per garantire la conservazione del prodotto, ma anche per la fase successiva del ciclo produttivo: il raffreddamento infatti permette ai semilavorati di raggiungere la giusta consistenza per essere poi successivamente tagliati a fette. Se i filoni non raggiungono la consistenza giusta, la successiva fase di taglio può diventare problematica e rischia di danneggiare il prodotto con conseguenti scarti e rischi per la qualità finale. È importante dunque rispettare il tempo necessario all'abbattimento dei filoni, che va dalle 3 alle 5 ore a seconda del grado di saturazione della cella. I filoni dunque, dopo l'abbattimento, vengono estratti dalle celle e vengono portati nella micro-linea di confezionamento: qui vengono tagliate le fette di salame, le quali sono collocate prima in delle vaschette di plastica (imballo primario) e infine nei cartoni (imballo secondario) pronte per la spedizione. La fase di confezionamento contribuisce a creare la varietà del prodotto: la differenza nei prodotti finiti di questa famiglia infatti consiste, oltre che nella diversità del gusto, anche nella diversità del packaging utilizzato. La stessa variante di gusto infatti viene venduta a clienti diversi con packaging diversi.

Passando invece alla categoria dei prodotti da forno, si possono distinguere due principali famiglie:

1) **Famiglia dei prodotti tipo pane**, i quali hanno distinte base e cicli di produzione analoghi a quelli rappresentati in figura 4.2:

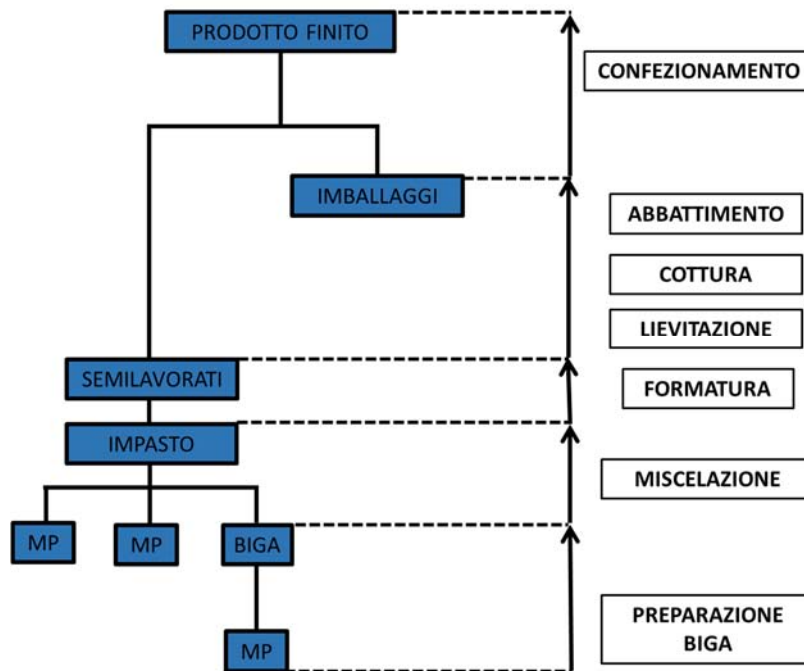


Figura 4.2: Distinta base e fasi del ciclo di produzione dei prodotti di tipo pane.

il ciclo di produzione inizia nella sala impasti, dove gli ingredienti vengono miscelati nelle impastatrici per dare origine all'impasto iniziale. Tra gli ingredienti utilizzati nell'impasto non si hanno solo materie prime, ma anche un semilavorato: la biga. Questo ingrediente richiede un tempo di lievitazione di 18 ore, e pertanto viene realizzato un giorno prima rispetto a quello di utilizzo. Segue la fase di formatura, durante la quale viene data la forma ai prodotti: l'impasto viene svuotato tramite mandapasta su delle macchine formatrici che suddividono l'impasto in pezzi più piccoli di forma e peso desiderati, a seconda del prodotto che deve essere realizzato. I vari pezzi vengono collocati dalle macchine sulle teglie (che possono essere sia ondulate che piane a seconda del tipo di prodotto): a questo punto intervengono gli operatori che incidono con dei coltelli i vari pezzi con un taglio caratteristico che dipende dal tipo di prodotto, prelevano le teglie e le collocano sui carrelli per la movimentazione. Quando la capacità del carrello viene saturata, quest'ultimo viene portato in cella di lievitazione, dove rimane per un tempo caratteristico che varia da prodotto a prodotto e che deve essere rispettato, in quanto fondamentale per la qualità. Finita la fase di lievitazione i carrelli vengono portati nei forni per la fase di cottura, anche questa caratterizzata da un tempo standard che varia di pochi minuti passando da un prodotto all'altro. Terminata la fase di cottura, i carrelli vengono introdotti negli abbattitori dove rimangono fino a che il prodotto non raggiunge a cuore la temperatura di -18°C , la quale ne decreta l'abbattimento. È fondamentale anche in questo caso che venga

rispettato il tempo necessario per l'abbattimento del prodotto, che può variare dalle 3 alle 5 ore, a seconda dell'abbattitore utilizzato, della saturazione di questo e delle caratteristiche del prodotto. Conclusa la fase di abbattimento i carrelli arrivano nel reparto di confezionamento, dove vengono svuotati manualmente: i prodotti vengono confezionati e i carrelli tornano disponibili per il ciclo di produzione del lotto successivo

2) **Famiglia dei prodotti farciti** nella quale si ritrovano i prodotti di tipo pizza, focaccia e brezelina, tutti caratterizzati da distinte base e cicli di produzione analoghi. Il modello di riferimento della distinta base di questi è quello rappresentato in figura 4.3.

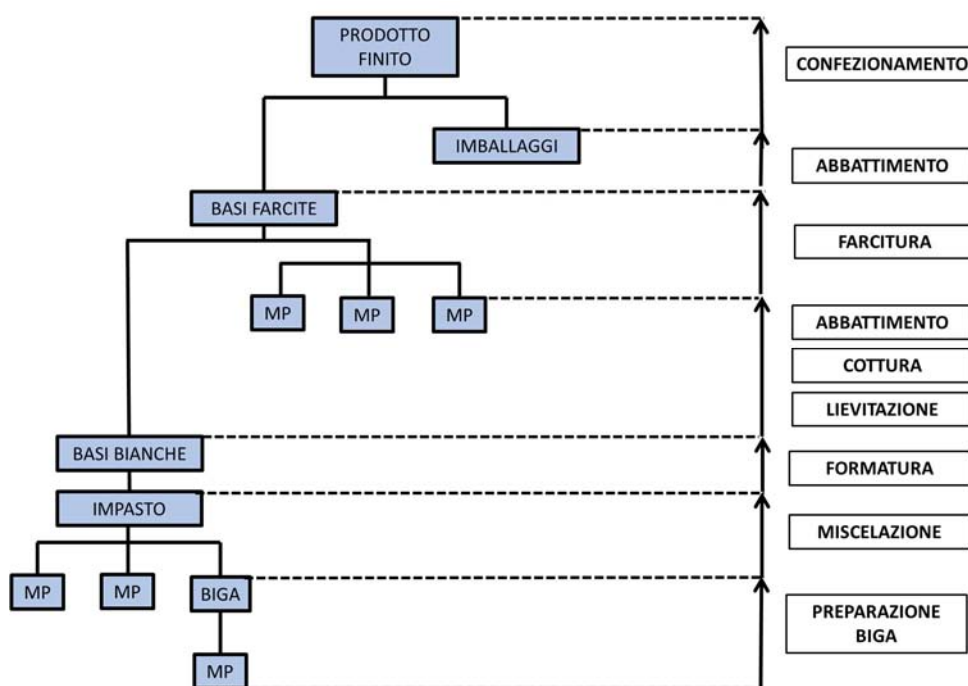


Figura 4.3: Distinta base e fasi del ciclo di produzione dei prodotti farciti.

La prima fase del ciclo di produzione è analoga a quella dei prodotti tipo pane: dopo la realizzazione dell'impasto iniziale (che coinvolge anche in questo caso sia materie prime che il semilavorato biga), vengono formate le basi bianche (non farcite) le quali seguono poi le fasi di lievitazione, cottura e abbattimento. Quando le basi vengono estratte dagli abbattitori vengono portate nel reparto farcitura: qui vengono svuotati i carrelli e le teglie, le basi vengono farcite con i vari ingredienti, vengono ricollocate nelle teglie, nei carrelli, e infine vengono riportate nelle celle di raffreddamento per una seconda fase di abbattimento. Quindi le basi farcite, una volta terminata la seconda fase di abbattimento, vengono confezionate nell'imballaggio secondario, liberando i carrelli per i lotti di produzione successivi.

Per necessità tecniche legate ai cicli produttivi dei vari prodotti, si ha che il sistema produttivo è caratterizzato da un flusso continuo dei materiali in corso di lavorazione fino alla fase di abbattimento, senza che vi siano tempi di attesa in coda tra un'operazione e l'altra. La fase di abbattimento è l'unico elemento di disaccoppiamento tra reparti consecutivi: questa infatti, oltre ad essere parte integrante del ciclo

produttivo dei vari prodotti, è funzionale anche a livello produttivo in quanto fa da buffer tra le operazioni di produzione e quelle di confezionamento. I prodotti infatti possono rimanere in cella un tempo anche maggiore rispetto a quello strettamente necessario per l'abbattimento, e questo permette al reparto di confezionamento di lavorare con logiche di precedenza dettate dalle esigenze logistiche, che non sempre coincidono con quelle produttive. Tuttavia, il tempo di permanenza nella fase di abbattimento dei semilavorati non supera le 12-18 ore: infatti quei prodotti che non riescono ad essere confezionati nella stessa giornata in cui vengono realizzati, vengono confezionati entro il turno di confezionamento del giorno successivo. Il discorso è leggermente diverso per i salami al cioccolato, per i quali il tempo di permanenza nella cella di abbattimento può essere anche di alcuni giorni (figura 4.4). Infatti, come verrà spiegato in dettaglio nel paragrafo successivo, una parte dei salami al cioccolato viene gestita con logica ATO andando a realizzare i filoni di semilavorato a magazzino, e confezionando le vaschette di prodotto finito sulla base degli ordini cliente. In generale possiamo dire che il tempo medio di attraversamento di un lotto di produzione coincide con il lead time di produzione. Questo è dell'ordine di 2 giorni e può aumentare nel caso dei salami al cioccolato per i motivi appena spiegati.

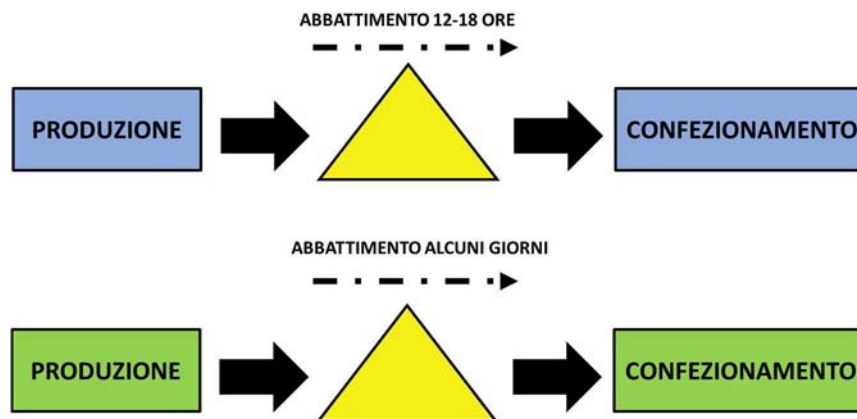


Figura 4.4: Rappresentazione schematica del flusso dei materiali attraverso le varie fasi del ciclo produttivo. In azzurro è rappresentato lo schema dei prodotti da forno, in verde quello dei prodotti di pasticceria.

4.3 Tempistiche di risposta al cliente

Altra informazione fondamentale per comprendere le logiche di risposta al mercato e la struttura del sistema di pianificazione e controllo della produzione è la caratterizzazione degli ordini cliente e dei tempi di risposta richiesti.

Questi cambiano a seconda della tipologia dei prodotti considerati:

- a) Per quanto riguarda i prodotti freschi, sono richieste logiche di consegna di tipo AxC: l'ordine deve essere consegnato il secondo giorno da quello di ricezione dell'ordine. Pertanto, per questa categoria di prodotti è necessario avere un'ottima reattività di risposta da parte del sistema produttivo sia in termini di mix sia di volumi di produzione.

La tabella 4.2 riassume i giorni di arrivo e di partenza degli ordini dei prodotti freschi:

Tabella 4.2: La tabella riporta i giorni di arrivo e partenza degli ordini per i prodotti freschi.

ARRIVO LUNEDI'	ARRIVO MARTEDI'	ARRIVO MERCOLEDI'	ARRIVO GIOVEDI'	ARRIVO VENERDI'	ARRIVO SABATO
PARTENZA MARTEDI'		PARTENZA GIOVEDI'	PARTENZA VENERDI'	PARTENZA VENERDI'	

si osserva che per gli ordini che arrivano il lunedì, il mercoledì e il giovedì si ha un giorno disponibile per la produzione, mentre per gli ordini che arrivano venerdì il tempo utile disponibile è inferiore a al giorno

- b) Per quanto riguarda i prodotti surgelati si ha che il minimo tempo di risposta da garantire al cliente è di 6 giorni lavorativi: la consegna dell'ordine deve infatti avvenire a distanza di una settimana dal giorno di ricezione dell'ordine. Parliamo di "minimo tempo di risposta" in quanto vi sono dei casi in cui i clienti emettono ordini con tempi di risposta più lunghi. Il tempo disponibile per la produzione varia a seconda del giorno di ricezione dell'ordine, com'è possibile osservare in tabella 4.3:

Tabella 4.3: La tabella riporta i giorni di arrivo e partenza degli ordini per i prodotti surgelati.

ARRIVO LUNEDI'	ARRIVO MARTEDI'	ARRIVO MERCOLEDI'	ARRIVO GIOVEDI'	ARRIVO VENERDI'	ARRIVO SABATO
PARTENZA VENERDI'	PARTENZA LUNEDI'	PARTENZA MARTEDI'	PARTENZA MERCOLEDI		

vi sono 4 giorni di produzione disponibili per gli ordini che arrivano il lunedì, 5 giorni invece per gli ordini che arrivano gli altri giorni della settimana

Va specificato che vi sono una serie di clienti, praticamente tutti quelli in classe A di fatturato, con i quali l'azienda ha concordato un giorno specifico di ricezione dell'ordine, che pertanto è noto e rimane lo stesso ogni settimana tranne in alcuni casi (periodi di festività). Ad esempio, con uno dei clienti è stato concordato il lunedì come giorno di ricezione degli ordini per i prodotti surgelati, il lunedì, mercoledì, giovedì e venerdì per gli ordini di prodotti freschi. Con altri clienti, meno abituali, non è stato concordato un giorno specifico di ricezione dell'ordine. Pertanto, gli ordini possono arrivare in qualsiasi giorno della settimana con frequenza e volumi anche molto variabili. In ogni caso i tempi di consegna richiesti rimangono almeno di 6 giorni lavorativi per i prodotti surgelati mentre per i prodotti freschi è sempre richiesta una logica di consegna AxC.

4.4 Descrizione delle logiche di risposta al mercato

Il modo di rispondere al mercato di un'azienda è una scelta di carattere manageriale, che viene fatta sulla base di una variabile esogena che è il mercato, e di una variabile endogena, rappresentata dai vincoli interni aziendali.

In Stuzzità la logica di risposta prevalente è la Make to order, la quale assume declinazioni diverse al variare delle famiglie di prodotto.

Per i prodotti di pasticceria, venduti per la maggiore come prodotti freschi, l'azienda risponde al mercato con una logica mista ATO-MTO. Infatti, per le varianti di gusto con frequenza e volumi di consumo più elevati, la produzione dei filoni di semilavorato viene gestita su previsione del fabbisogno, mentre le fasi di taglio e confezionamento (paragonabili all'assemblaggio finale del prodotto) vengono realizzate sulla base degli ordini cliente. Invece, per quanto riguarda le varianti di gusto con frequenza di consumo e volumi di vendita più bassi, queste vengono gestite con logica MTO: sia la realizzazione dei filoni di semilavorato che le fasi di taglio e confezionamento vengono realizzate sulla base dell'ordine. I volumi di vendita più bassi infatti permettono di gestire anche in intervalli temporali ridotti i tempi tecnici di raffreddamento necessari. Per quanto riguarda i prodotti da forno, la logica di risposta al mercato è prevalentemente di tipo MTO in quanto gli ordini cliente tirano tutte le fasi della produzione. Il surplus di capacità produttiva che si ottiene con questa logica di risposta viene utilizzato per creare scorte di prodotto finito, le quali però non sono gestite secondo criteri ben definiti: non sono mai stati individuati secondo una logica specifica gli articoli da gestire a scorta, e mancano dei livelli target per la gestione delle giacenze. Va specificato che, per quanto riguarda i prodotti della famiglia dei farciti, questi vengono gestiti anche con una logica di tipo ATO: talvolta infatti in fase di produzione delle basi bianche vengono realizzati volumi maggiori rispetto a quelli necessari per l'evasione dell'ordine. L'eccesso delle basi prodotte pertanto non viene farcito, e queste rimangono a stock come semilavorati, e verranno farcite sulla base degli ordini futuri. Questi modi di rispondere al mercato permettono di ottenere una serie di vantaggi, in quanto:

1. Impostare la produzione sulla base degli ordini cliente permette di rispondere con logica di tipo "pull" al mercato, andando a limitare la sovrapproduzione e i costi a questa connessi. Infatti, livelli bassi di giacenza di prodotto finito o addirittura assenti, come nel caso dei prodotti di pasticceria, permettono di avere costi trascurabili di mantenimento e gestione delle scorte di prodotto finito
2. Rispondere sulla base degli ordini cliente inoltre permette di abbattere il rischio di deperimento dei prodotti finiti, i quali vengono così consegnati al cliente con una vita utile sempre maggiore rispetto a quella minima richiesta. Questa infatti non viene intaccata dal tempo di giacenza a magazzino

Tuttavia, vi sono anche degli aspetti critici che non possono essere trascurati e che devono essere risolti. Infatti, la mancanza di un magazzino prodotto finito accuratamente progettato rende il sistema produttivo fortemente sensibile alle variazioni della domanda di mercato. La conseguenza è che si creano delle situazioni in cui tutti i vantaggi sopra descritti vengono ridotti, se non addirittura annullati, dall'insorgere di nuove problematiche:

1. In primis la pianificazione e la programmazione della produzione diventano complesse: le esigenze di mix e volumi produttivi richiesti dai singoli ordini

non sono quasi mai compatibili con i vincoli del sistema produttivo. Pertanto, si è costretti a ricorrere a schedulazioni complesse, caratterizzate da frequenti cambi di produzione e lotti produttivi di dimensioni ridotte, che non permettono di ottimizzare la capacità produttiva disponibile. I tempi di changeover che si generano rendono inutilizzabile parte della capacità produttiva disponibile. Questo tipo di dinamica inoltre va a mettere a repentaglio la qualità dei prodotti, in quanto si possono creare delle situazioni in cui diventa più difficile la gestione dei tempi tecnici necessari per il corretto svolgimento dei cicli produttivi

2. L'incapacità di ammortizzare le fluttuazioni e le irregolarità della domanda rende a sua volta irregolari i carichi di lavoro nei vari centri produttivi. Pertanto, diventa molto difficile riuscire a livellare la produzione nei vari turni di lavoro. Il livellamento della produzione deve essere invece un obiettivo da perseguire: come sottolineano i principi della Lean Production, la regolarità e la standardizzazione dei carichi di lavoro, in modo particolare nei centri di valle, permettono di aumentare l'efficienza di tutto il sistema produttivo. Infatti, se il funzionamento dei centri di valle avviene secondo un ritmo regolare e prevedibile, le operazioni di monte, sia che queste riguardino attività produttive sia attività di gestione delle materie prime, riescono ad essere gestite e programmate con più efficienza
3. Aumenta la probabilità che, in seguito ad oscillazioni della domanda di mercato o ad inefficienze interne (guasti, ritardi...), si verifichino ritardi di consegna e rotture di stock sui prodotti finiti, con le conseguenze descritte nel paragrafo 3.3.2

Da queste considerazioni pertanto emerge l'importanza di muovere verso una logica di risposta al mercato che, disaccoppiando il mercato dalla fase produttiva, permetta di gestire quest'ultima in maniera più efficiente. La logica Make to stock è quella che permette di ottenere questo tipo di risultato tramite l'implementazione di opportuni livelli di scorte di prodotto finito. Va specificato però che questo tipo di soluzione deve essere attuata in maniera ponderata, individuando le situazioni dove davvero la presenza di scorte di prodotto finito introduce dei benefici. Negli altri casi è opportuno mantenere la gestione attuale, orientata a rispondere al mercato con un approccio più pull.

4.5 Descrizione del MPCS in Stuzzità

Passiamo ora a descrivere in che modo si articola la struttura del sistema di pianificazione e controllo della produzione in Stuzzità, prendendo come riferimento il modello presentato nel paragrafo 3.2.

L'MPCS di Stuzzità si articola su un solo orizzonte temporale, quello di breve termine. Non vengono infatti elaborati il PP e l'MPS, ma l'intera pianificazione è gestita con un piano di breve termine FAS, con il quale vengono pianificate tutte le fasi del processo di produzione. La pianificazione prende in considerazione un orizzonte temporale di 1-2 giorni e viene elaborata sulla base degli ordini cliente. Ad esempio, al lunedì viene pianificata la giornata di martedì e di mercoledì, prendendo in considerazione gli ordini cliente e dando priorità a quelli da evadere il mercoledì. Il martedì verrà poi ripresa in mano la pianificazione di mercoledì, e verrà impostata quella per il giovedì e così via per il resto della settimana.

I piani che vengono utilizzati sono di fatto due, come illustrato nello schema di figura 4.5.



Figura 4.5: Rappresentazione schematica del sistema di pianificazione e controllo della produzione in Stuzzità.

Il primo piano è quello di produzione: elaborato dal responsabile di pianificazione della produzione, definisce gli ordini di produzione, la loro schedulazione, gli orari e le mansioni del personale di produzione. Questo piano pertanto guida tutti i reparti produttivi fino alla fase dell'abbattimento finale. In figura 4.6 è riportato il foglio di lavoro Excel utilizzato per la pianificazione della produzione: nella prima colonna in alto sono elencati gli ordini di produzione della giornata, mentre nella parte inferiore si trova la sezione che viene utilizzata per pianificare eventuali turni di farcitura e infine quella utilizzata per la pianificazione del taglio e confezionamento dei salami al cioccolato. Si osserva che per quanto riguarda i lotti di produzione, l'unità di misura di riferimento è "l'impasto" (colonna di colore verde) il cui peso e la cui composizione in termini di ingredienti è definita da ricetta. Lanciare in produzione multipli delle quantità definite da ricetta permette di gestire più facilmente i dosaggi degli ingredienti e di ottimizzare la capacità delle impastatrici in fase di preparazione.

PRODOTTO	peso impasto	peso impasto cotto	Biga	Numero bighe da fare	peso cartone	n. cartoni a impasto	NUMERO CARTONI
PRODOTTO 1	6	165,38	148,84	0,5	3	7,08	126,1
PRODOTTO 2	3	162	145,8	0	0	7	62,5
PRODOTTO 3	7	157,62	141,86	0,5	3,5	8	124,1
PRODOTTO 4	8	168,11	151,3	0,25	2	6	400,3
PRODOTTO 5	5	100	100	0	0	3,36	148,8
PRODOTTO 6	5	160,13	144,12	0,5	2,5	7	102,9
PRODOTTO 7	1,5	160,13	144,12	0,5	0,8	7	30,9
FARCITURA	29,5				##		
		carrelli	teglie	pezzi	ORE		
					0		
TAGLIO SALAMI		vaschette	cartoni				
PRODOTTO 8		2160,0	180			Kg necessari CIOCCOLATO	
PRODOTTO 9		0,0				806	
PRODOTTO 10		720,0	90			Kg necessari CIOCCONOCCHIOLA	
PRODOTTO 11		0,0				0	
PRODOTTO 12		60,0	10			Kg necessari CIOCCOBIANCO	
						13,2	

Figura 4.6: Modello Excel utilizzato per la pianificazione della produzione.

Per quanto riguarda invece i lotti di produzione nella farcitura e nel taglio/confezionamento dei salami, questi sono definiti in termini di “numero di basi”, nel caso della farcitura, e in termini di “numero di cartoni” per nel caso del taglio/confezionamento dei salami.

Una volta definiti gli ordini di produzione si passa alla schedulazione dei lotti e delle risorse nei vari reparti, ottenendo uno schema analogo a quello di figura 4.7.

	8.30/9.00	9.00/9.30	9.30/10.00	10.00/10.30	10.30/11.00	11.00/11.30	11.30/12.00	12.00/12.30	12.30/13.00	13.00/13.30	13.30/14.00	14.00/14.30	14.30/15.00	15.00/15.30	15.30/16.00	16.00/16.30	16.30/17.00	17.00/17.30	17.30/18.00	18.00/18.30	18.30/19.00
RISORSA 1	IMPASTA										PAUSA										
RISORSA 2						10 PRODOTTO A					PAUSA										5 PRODOTTO F
RISORSA 3		3 PRODOTTO B		10 PRODOTTO C			PAUSA		7 PRODOTTO D												
RISORSA 4		6 PRODOTTO G				10 PRODOTTO A					PAUSA										
RISORSA 6				TAGLIO SALAMI									PAUSA		5 PRODOTTO E						
RISORSA 7		3 PRODOTTO B		10 PRODOTTO C			PAUSA		7 PRODOTTO D												
RISORSA 8										PAUSA											
RISORSA 9				TAGLIO SALAMI											PAUSA		5 PRODOTTO E				
RISORSA 10				TAGLIO SALAMI											PAUSA		5 PRODOTTO E				
RISORSA 11				6 PRODOTTO G				10 PRODOTTO A				PAUSA									
RISORSA 12																					
RISORSA 13																					
RISORSA 14																					
RISORSA 15																					
RISORSA 16																					
RISORSA 17																					
RISORSA 18																					
RISORSA 19																					
RISORSA 20																					
RISORSA 21																					

Figura 4.7: Esempio della schedulazione dei lotti e delle operazioni in un turno di lavoro.

Come spiegato nel paragrafo precedente, si può osservare che le singole risorse nel singolo turno possono cambiare mansione, spostandosi da un reparto all'altro e da una macchina all'altra dello stesso reparto.

Per i prodotti da forno la schedulazione è guidata dai vincoli che vi sono a livello della sala impasti e del reparto formatura, i quali vanno ad impattare sia a livello di mix produttivo sia a livello di volumi. Di seguito si riportano sinteticamente i più rilevanti, alcuni dei quali sono già stati citati in precedenza:

- La capacità della sala impasti limita a due il numero di produzioni in parallelo che possono essere gestite nel reparto formatura

- I volumi produttivi e il tipo di prodotti che possono essere realizzati in parallelo dipendono dal tipo e dal numero di teglie disponibili. Come già spiegato nei capitoli precedenti, a seconda dei prodotti che vengono realizzati si utilizzano teglie piane o ondulate, la cui disponibilità dipende dalle produzioni dei turni successivi, dal numero di carrelli in fase di abbattimento, e dal ritmo del reparto di confezionamento
- Nel caso di produzioni biologiche le macchine utilizzate devono essere preventivamente sanificate e la produzione deve essere organizzata in modo che non vi siano contaminazioni con i prodotti convenzionali

La schedulazione del reparto formatura di fatto guida anche la sala impasti e i reparti di lievitazione e cottura, dal momento che questi tre lavorano in continuità con tempi di attesa in coda nulli. Il reparto farcitura, quando è attivato, viene schedulato secondo logiche interne che mirano ad evitare contaminazioni tra gli allergeni e gli ingredienti coinvolti. Questo tipo di schedulazione è reso possibile dal fatto che la fase di abbattimento post-cottura (o pre-farcitura) permette di disaccoppiare questo reparto da quelli precedenti.

Invece, nel caso della produzione dei salami, la schedulazione è molto semplice dal momento che questi prodotti vengono realizzati in una cella dedicata. Anche in questo caso questa è guidata da un criterio che mira ad evitare le contaminazioni di allergeni e di ingredienti non compatibili.

Per quanto riguarda la schedulazione dei lotti nei reparti di confezionamento, sia per i prodotti freschi sia per quelli surgelati, viene utilizzato di fatto una logica che considera la priorità del lotto sulla base di quanto definito dal piano di spedizione. Questo viene elaborato dalla responsabile della logistica e definisce le quantità ed i prodotti che devono essere confezionati e spediti nella giornata, andando di fatto a identificare le sequenze di lavoro che guidano i reparti di confezionamento. Pertanto, tutte le fasi del processo produttivo a valle della fase di abbattimento, ossia il confezionamento e la spedizione, sono gestite sulla base delle esigenze logistiche.

Il ruolo del piano di spedizione è quello di coordinare la fase di produzione con quella di stoccaggio e distribuzione dei prodotti, che viene gestita tramite società esterne. Nello schema di figura 4.8 è rappresentata schematicamente l'organizzazione della logistica outbound dell'azienda:

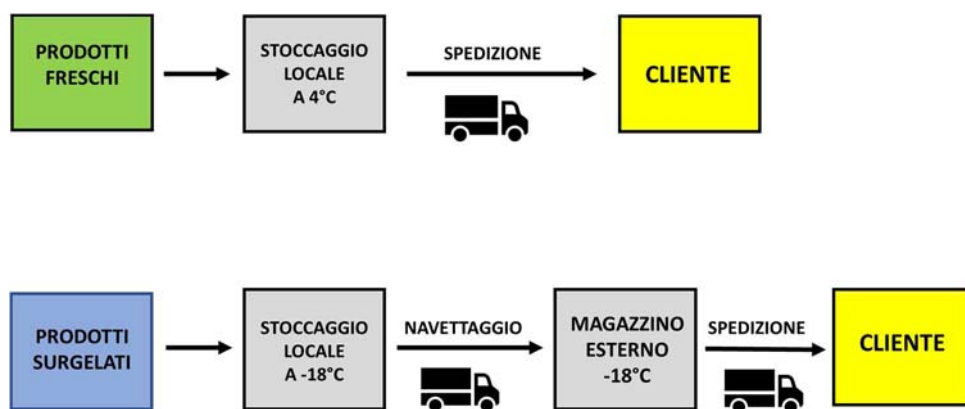


Figura 4.8: Rappresentazione schematica della logistica outbound dell'azienda.

i prodotti freschi vengono stoccati localmente nella cella a 4°C dopo il confezionamento, per poi essere spediti direttamente al cliente. I prodotti surgelati invece vengono stoccati localmente nella cella a -18°C dopo il confezionamento, per poi essere dapprima spediti al magazzino esterno e infine al cliente finale. Il magazzino locale dei surgelati, in virtù della sua capacità limitata, viene utilizzato come buffer di disaccoppiamento per gestire i lotti confezionati nella giornata, prima che questi vengano spediti e i bancali di prodotto non completi. Si può ora comprendere l'importanza del piano di spedizione, il cui ruolo non è solo quello di garantire che le consegne siano puntuali, ma anche di gestire in maniera efficiente il trasporto dal magazzino locale a quello esterno, minimizzando i costi di navettaggio da un lato, ed evitando che vi siano sovrasaturazioni del magazzino locale dall'altro.

Passando alla fase di programmazione della produzione, si ha che il ruolo affidato alle procedure dell'MRP e della CRP per la verifica della disponibilità delle materie e della capacità produttiva necessarie per la realizzazione del piano, viene di fatto svolto manualmente dal responsabile della produzione in sede di pianificazione. Infatti, il piano di produzione viene elaborato e ne viene poi verificata la fattibilità in termini di disponibilità di materie prime e di capacità produttiva. Nel caso in cui il piano di primo tentativo non risulti fattibile, questo viene modificato finché non si trova una soluzione compatibile con la disponibilità di materiali e di capacità produttiva.

Le attività di Back End, infine, vengono svolte dai capi reparto in contemporanea con lo svolgimento della produzione: questi infatti si occupano di monitorare continuamente lo svolgimento delle attività produttive tenendo sotto controllo eventuali problematiche e ritardi e, sulla base di questi, interagiscono con il responsabile di produzione, modificando se necessario quanto previsto dal piano di produzione della giornata.

Per quanto riguarda le attività di approvvigionamento si ha che queste vengono svolte per la maggior parte dei materiali in via previsionale, in modo da garantire la presenza dei materiali nel momento del bisogno, per altri invece l'approvvigionamento viene gestito a fabbisogno sulla base degli ordini cliente, sulla base dei quali vengono definiti gli ordini di acquisto.

La scelta di utilizzare un sistema di pianificazione e controllo della produzione ad un solo orizzonte temporale è legata alla logica di risposta al mercato MTO prevalentemente adottata dall'azienda, e si porta dietro una serie di criticità legate proprio al ridotto intervallo temporale preso in considerazione per la pianificazione:

- La prima criticità individuata riguarda la difficoltà nel pianificare in maniera ottimale la produzione. Pianificare su un orizzonte temporale così breve infatti riduce i margini decisionali sugli ordini di produzione, dal momento che la scelta dei lotti di produzione sia in termini di quantità che di tipologia diventa di fatto vincolata dagli ordini più prossimi da evadere. Questo approccio contribuisce anch'esso a pianificazioni con frequenti cambi di produzione e lotti di dimensioni ridotte, con le conseguenze negative già spiegate sopra. Si realizza pertanto una situazione che non è conveniente dal punto di vista economico: da un lato non si hanno lotti di produzione economici, dall'altro la necessità di evadere gli ordini porta ad un elevato numero di ore di straordinari, necessarie per compensare le perdite di capacità produttiva. Anche la procedura di pianificazione stessa diventa di fatto molto onerosa in termini di tempo e di conseguenza anche in termini di costi: infatti non solo questa deve essere realizzata praticamente ogni giorno, ma essa diventa anche molto difficile da realizzare per via di tutti i vincoli che si vengono a creare

- La seconda criticità riguarda il sistema di gestione dei materiali. La pianificazione su un intervallo così ridotto rende molto difficile gestire situazioni in cui si verificano ritardi di consegna da parte dei fornitori o rotture di stock sulle materie prime, in quanto si hanno tempi di manovra praticamente nulli
- Infine, la terza criticità riguarda l'organizzazione della logistica: tempi di pianificazione così ridotti rendono complicata e poco efficiente la gestione dei trasporti che, essendo affidata ad una società esterna, richiede dei tempi di organizzazione per essere gestita in modo da ottimizzare i costi di trasporto

Le criticità elencate possono essere risolte aumentando l'intervallo di pianificazione e introducendo procedure standardizzate per il processo di pianificazione e schedulazione della produzione.

4.6 Progetto di miglioramento individuato

L'analisi delle modalità di risposta al mercato, della struttura del MPCCS e delle loro criticità ha portato ad individuare un progetto di miglioramento i cui punti fondamentali verranno illustrati sinteticamente in questo paragrafo, e la cui trattazione sarà descritta in maniera approfondita nei capitoli successivi.

Per quanto riguarda le modalità di risposta al mercato, l'obiettivo è quello di affiancare alle logiche MTO e ATO attualmente utilizzate la logica MTS, individuando gli articoli per i quali questa risulta più idonea e definendo dei parametri con cui gestire i livelli di giacenza.

In generale i miglioramenti che si intendono ottenere con questa modifica sono:

1. Riduzione della sensibilità alla domanda di mercato: la scorte di prodotto finito permettono alla produzione di svincolarsi dalle esigenze di mercato, con la conseguente possibilità di organizzare la produzione secondo logiche di ottimizzazione che guardano ai vincoli interni
2. Aumento del livello di servizio: la presenza di scorte di prodotto finito permette di ridurre i rischi di stock out e di avere maggiore reattività di risposta

Nel capitolo 5 verrà descritto nello specifico il metodo di analisi utilizzato per la verifica di fattibilità di queste modifiche.

Per quanto riguarda il tema della pianificazione e programmazione della produzione, le modifiche che si vogliono introdurre sono:

- A livello di struttura del MPCCS, introdurre una pianificazione organizzata a due piani: uno di medio termine con orizzonte di pianificazione settimanale, uno di breve termine con orizzonte di pianificazione giornaliero
- A livello di processo di pianificazione e programmazione, da un lato individuare dei criteri di pianificazione finalizzati all'ottimizzazione della capacità produttiva, dall'altro introdurre delle procedure standardizzate e degli strumenti che permettano supportare il responsabile di produzione, in modo da snellire e facilitare la procedura stessa

In generale i miglioramenti che si intendono ottenere con queste modifiche sono:

1. Ottenere una pianificazione più stabile: pianificare su due orizzonti temporali permette da un lato di gestire meglio i vincoli di produzione, in quanto l'intervallo temporale su cui pianificare è più esteso, dall'altro di gestire meglio eventuali ritardi di consegna o rotture di stock sulle materie prime
2. Migliorare la coordinazione tra le funzioni che si occupano della pianificazione della produzione, della gestione dei materiali e della gestione della logistica
3. Aumentare l'efficienza del sistema produttivo riducendo le ore di straordinari e aumentando la produttività
4. Ridurre il tempo, e di conseguenza i costi, legati al processo di pianificazione della produzione

La trattazione di queste tematiche è affrontata nel capitolo 6.

Infine, il capitolo 7 è dedicato al sistema di gestione dei materiali, il quale è stato analizzato con due obiettivi principali:

1. Caratterizzare i costi della gestione attuale e le caratteristiche di consumo dei codici d'acquisto per l'individuazione delle logiche di gestione ottimali
2. Introduzione di procedure informatizzate per la gestione del magazzino materie prime per migliorare l'efficienza del processo di programmazione del piano dei materiali

5 Logiche di ottimali di risposta al mercato

In questo capitolo verranno descritti gli approcci utilizzati per l'individuazione dei codici idonei alla gestione Make to stock e per il dimensionamento delle scorte di sicurezza. In particolare, i primi 4 paragrafi sono dedicati alla descrizione e all'applicazione del modello elaborato per l'individuazione degli articoli target, il paragrafo 5.5 contiene una verifica di fattibilità della gestione ipotizzata, e infine nel paragrafo 5.6 è descritto il dimensionamento delle scorte di sicurezza.

5.1 Descrizione del modello di analisi utilizzato

Come già spiegato nel capitolo precedente, l'implementazione della logica di risposta al mercato Make to stock richiede che vi sia un'analisi preliminare, volta ad individuare gli articoli per i quali questo tipo di gestione possa davvero introdurre i vantaggi descritti. Questo perché vi sono articoli che, in virtù di alcune loro caratteristiche, non si adattano bene alla gestione a magazzino: la presenza delle scorte introdurrebbe dei costi di gestione e mantenimento che non porterebbero però alcun beneficio significativo per l'efficienza del sistema.

Primo fondamentale step dell'analisi condotta è stato pertanto proprio quello di individuare quali sono gli articoli nel catalogo di Stuzzità per i quali la gestione a magazzino risulterebbe effettivamente vantaggiosa. A tale scopo è stato elaborato un modello che individua gli articoli idonei alla gestione MTS sulla base delle seguenti variabili, ritenute critiche:

1. Impatto dei prodotti sul fatturato

In generale si può affermare che l'incapacità di rispondere alla domanda per gli articoli a maggiore impatto sul fatturato aziendale è quella che genera maggiori costi e conseguenze negative per l'azienda. Quindi, dal momento che la presenza delle scorte di prodotto finito permette di aumentare il livello di servizio, inteso come “la capacità dell'organizzazione di soddisfare le richieste dei clienti nelle quantità, nei tempi e nei mix richiesti” (De Toni A., Panizzolo R., 2018)⁴, la logica MTS per questa categoria di articoli può davvero migliorare l'efficienza del sistema. La presenza di livelli di scorta opportunamente dimensionati permette infatti di ridurre notevolmente i rischi di stock out per questi articoli

2. Ciclo di vita del prodotto

“Il ciclo di vita di un prodotto viene misurato attraverso l'evoluzione delle vendite nel tempo” (Pareschi A., 1994)⁵. Esso comprende normalmente quattro fasi come è possibile osservare in figura 5.1:

⁴ De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino.

⁵ Pareschi A., 1994, *Impianti industriali*, Esculapio, Bologna.

Il ciclo di vita di un prodotto

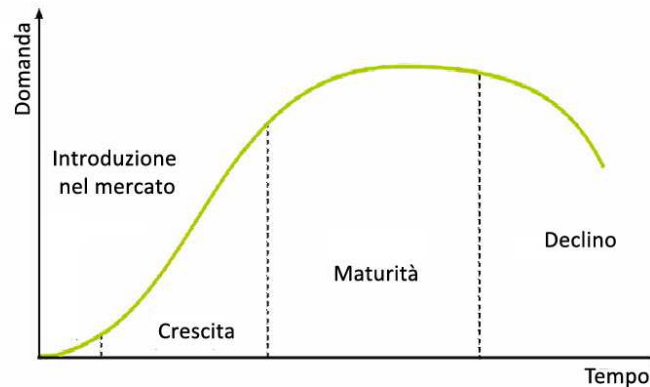


Figura 5.1: Fasi del ciclo vita di un prodotto (<https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/ciclo-di-vita-del-prodotto>, Gennaio 2020).

- a. **Fase introduttiva:** è il periodo in cui il prodotto viene lanciato, caratterizzato da una lenta crescita delle vendite mentre il mercato viene sensibilizzato
- b. **Fase di crescita:** è il periodo nel quale si verifica un forte aumento delle vendite e degli utili, in quanto il prodotto raggiunge il gradimento del mercato
- c. **Fase di maturità:** è la fase in cui si ha una graduale diminuzione del ritmo di crescita man mano che il mercato diventa saturo. Questa è accompagnata da una stabilizzazione del fatturato e da una diminuzione dell'utile unitario.
- d. **Fase di declino:** è il periodo finale della vita del prodotto, nel quale si ha una diminuzione della domanda che può essere associata alla scomparsa della necessità del prodotto o al suo rimpiazzamento con prodotti simili ma più appetibili

È importante identificare il passaggio da uno stadio all'altro del ciclo di vita, poiché le strategie di mercato devono variare a seconda dello stadio. In particolare, si ha che una gestione MTS, supportata da un robusto sistema di previsioni di vendita, si adatta meglio alle prime tre fasi del ciclo, soprattutto nel caso di aziende come Stuzzità che riversano i propri prodotti nel mondo della GDO, caratterizzato da una forte variabilità della domanda in queste fasi; mentre nell'ultima fase può diventare conveniente spostarsi verso una logica di gestione MTO per ridurre il rischio di restare con giacenze di prodotti che non saranno più venduti

3. Caratteristica del consumo

Come spiegato nel capitolo 3.3.2, alle scorte sono connessi dei costi di mantenimento i quali in generale dipendono dal tempo di permanenza dei prodotti a magazzino. Infatti, maggiore è il tempo di permanenza a magazzino dei materiali, maggiori saranno le spese necessarie per il mantenimento e la gestione di queste quantità, i rischi di danneggiamento, superamento tecnologico e deperimento. Il tema del deperimento merita particolare attenzione nel caso delle aziende alimentari come nel caso di Stuzzità: i prodotti surgelati realizzati dall'azienda infatti hanno una shelf life di circa 360 giorni e devono essere consegnati al cliente con una vita utile di almeno il 75% della shelf life. Analogamente vale per i prodotti freschi, i quali però hanno una shelf life di 45 giorni. Pertanto, è di fondamentale importanza evitare di gestire a magazzino prodotti con domanda poco frequente, dal momento che un tempo di permanenza elevato può andare a ridurre significativamente la vita utile del prodotto, andando ad aumentare il rischio che si manifestino dei costi legati al deperimento. Per questo motivo le caratteristiche del consumo, in modo particolare la frequenza, è uno dei parametri presi in considerazione

I paragrafi successivi sono dedicati all'applicazione del modello individuato: verranno analizzate per tutti i prodotti le variabili critiche appena descritte, per arrivare all'individuazione degli articoli target.

5.2 Analisi ABC semplice sul fatturato

La prima variabile analizzata è l'impatto dei prodotti sul fatturato, valutato tramite l'analisi ABC semplice sul fatturato. Questa è stata condotta applicando la procedura descritta nel paragrafo 3.3.4 ai dati di fatturato del periodo tra gennaio e novembre 2019. I valori di soglia utilizzati per le tre classi sono stati rispettivamente:

Classe A: 60% Classe B: 30% Classe C: 10%

La scelta di questi valori non è casuale, ma è quella che permette di ottenere risultati più coerenti: se infatti si utilizzano come valori di soglia i più classici 80-15-5, oppure 70-20-10, si ottiene nel primo caso che la classe A è più popolosa della classe B, mentre nel secondo caso si ha che le due classi hanno popolosità paragonabile. Questo fenomeno trova spiegazione nel fatto che non vi è un numero ridotto di articoli che partecipa in maniera più significativa di altri alla composizione del fatturato, ma vi sono più articoli che partecipano con volumi analoghi. Pertanto, prendendo come valori di riferimento 80% o 70% per la classe A ci si ritrova con una popolosità maggiore o analoga a quella della classe B. Riducendo il valore a 60% invece si va a focalizzare l'analisi su una fascia più ridotta del fatturato, e si ottiene una suddivisione in classi coerente con quanto previsto dal principio di Pareto. Il risultato ottenuto è sintetizzato in figura 5.2, e la tabella con il dettaglio dell'analisi è riportata in appendice B (tabella B.1).

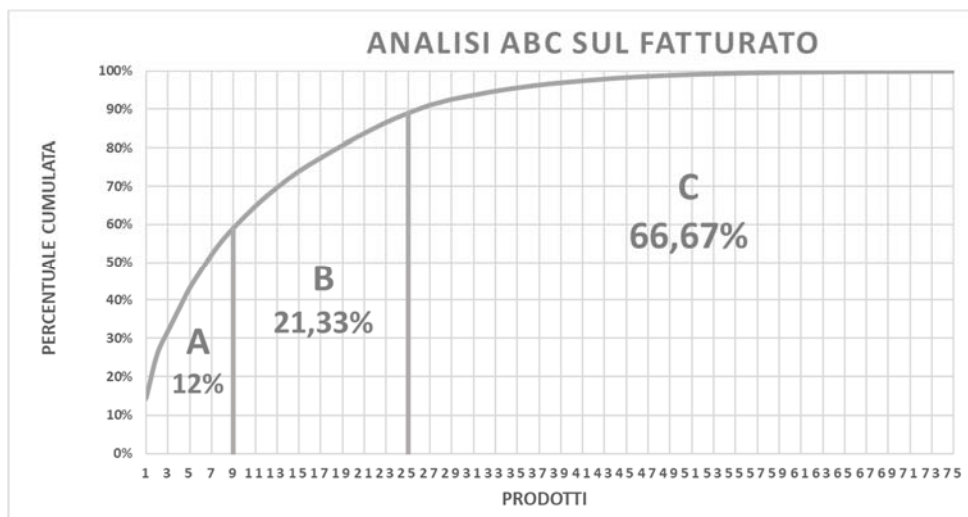


Figura 5.2: Risultato dell'analisi ABC semplice sul fatturato generato.

Gli articoli analizzati sono 75: i codici che hanno un impatto maggiore sul fatturato sono quelli delle classi A e B, e nel loro insieme costituiscono il 33% della popolazione; la classe C contiene il 66,67% dei prodotti che hanno un impatto complessivo del 10% sul fatturato. L'impatto ridotto sul fatturato di questi prodotti ha diverse spiegazioni, infatti in questa classe si trovano:

- sia prodotti alla fine del loro ciclo di vita, che l'azienda aveva come rimanenze di magazzino ad inizio anno

- sia prodotti nella fase introduttiva del loro ciclo di vita, come l'articolo "PRODOTTO 28", i quali sono stati di recente introdotti nel mercato e pertanto hanno ancora bassi volumi di vendita

- infine, vi sono anche prodotti che, pur essendo nella loro fase di maturità, generano poco fatturato rispetto ad altri in quanto venduti come supporto alla vendita di prodotti di classe A, come completamento della gamma offerta ai clienti più importanti

Nel valutare l'impatto degli articoli sul fatturato è importante prendere in considerazione anche un altro parametro, che è il rapporto articolo-cliente. Le conseguenze di una mancata consegna, o di un ritardo di consegna, diventano più rilevanti quando ad essere coinvolti sono clienti importanti, ossia clienti che hanno un forte impatto sul fatturato aziendale. Diventa quindi fondamentale valutare in maniera sintetica le tipologie di clienti per ogni articolo. Così, all'analisi ABC appena descritta sono stati affiancati altri due strumenti, sempre prendendo in considerazione i dati del periodo gennaio-novembre 2019: l'analisi ABC sui clienti, e un'analisi incrociata che permette di individuare in maniera sintetica la corrispondenza articolo-cliente.

L'analisi ABC sui clienti è stata condotta in maniera analoga a quella sui prodotti, considerando però il fatturato generato dai vari clienti. I valori di soglia per le classi sono stati ancora 60% 30% e 10%. Anche in questo caso si riporta in appendice B (tabella B.2) la tabella con il dettaglio dei valori ottenuti, mentre il grafico di figura 5.3 è sintetizza il risultato ottenuto.

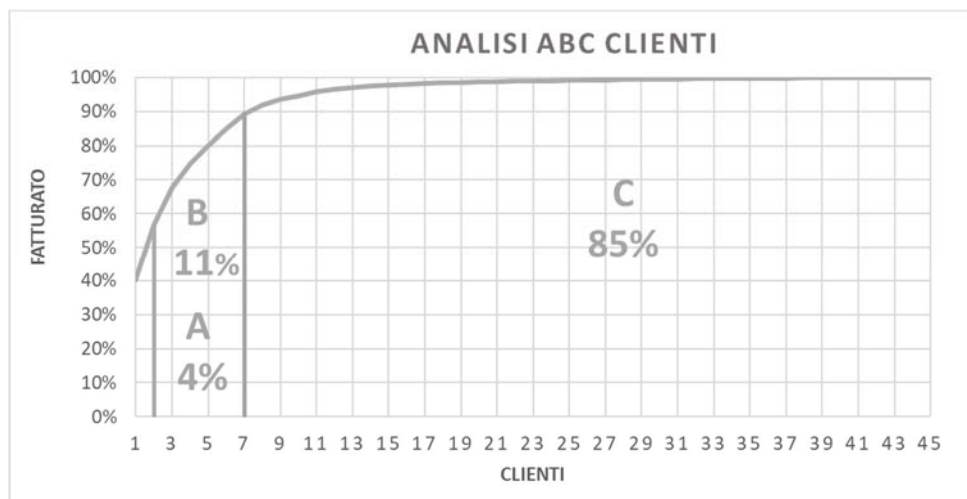


Figura 5.3: Risultato dell'analisi ABC sui clienti.

Si ha che su un totale di 45 clienti, il 15% di questi genera il 90% del fatturato, mentre il restante 85% dei clienti va a formare la classe C con un impatto del 10% sul fatturato. Mentre nelle classi A e B rientrano principalmente clienti della GDO, nella classe C ritroviamo grossisti e dettaglianti che generano un volume di vendita ridotto e clienti con i quali l'azienda ha concluso i rapporti commerciali nei primi mesi dell'anno. In ultima battuta è stata condotta l'analisi incrociata che permette di visualizzare le coppie articolo-cliente e il volume di acquisto dei vari clienti per singolo prodotto. A titolo d'esempio si riporta in tabella 5.1 un estratto della tabella completa.

Tabella 5.1: Estratto dell'analisi incrociata articolo-cliente.

Pos	Articolo	Venduto	% Venduto	Classe
1	PRODOTTO 1	€ 508.279,51	14,45	A
	CLIENTE 1	€ 316.959,84	62,36	A
	CLIENTE 3	€ 149.021,34	29,32	B
	CLIENTE 6	€ 28.393,80	5,59	B
	CLIENTE 15	€ 12.790,80	2,52	C
	CLIENTE 11	€ 1.113,73	0,22	C
2	PRODOTTO 2	€ 399.364,56	11,35	A
	CLIENTE 3	€ 81.899,75	20,51	B
	CLIENTE 1	€ 72.595,42	18,18	A
	CLIENTE 5	€ 63.863,48	15,99	B
	CLIENTE 6	€ 55.843,20	13,98	B
	CLIENTE 4	€ 37.654,32	9,43	B
	CLIENTE 2	€ 33.672,28	8,43	A
	CLIENTE 10	€ 22.036,43	5,52	C
	CLIENTE 11	€ 16.632,63	4,16	C
	CLIENTE 10	€ 15.158,02	3,80	C
	CLIENTE 44	€ 9,03	0,00	C
3	PRODOTTO 3	€ 216.679,80	6,16	A
	CLIENTE 1	€ 158.254,98	73,04	A
	CLIENTE 6	€ 39.478,13	18,22	B
	CLIENTE 2	€ 18.946,35	8,74	A
	CLIENTE 44	€ 0,34	0,00	C

Quello che è emerso da questa analisi è che gli articoli di classe A sono quelli che coinvolgono il maggior numero di clienti per articolo, e questi clienti provengono da tutte e tre le classi A, B e C. Gli articoli di classe B invece hanno in generale un acquirente principale di classe A o B, e clienti secondari di classe C. Anche gli articoli di classe C coinvolgono clienti di classe A e B (tabella 5.2) e questo fatto conferma quanto detto prima, ossia che in classe C si trovano articoli di supporto alla vendita,

che permettono di completare l'offerta commerciale verso clienti più importanti. Pertanto, anche se l'impatto sul fatturato non è così rilevante come nel caso di altri prodotti, questi vanno comunque gestiti con attenzione.

Tabella 5.2: Estratto dell'analisi incrociata articolo-cliente per un articolo di classe C.

36	PRODOTTO 36	€ 13.818,59	0,39	C
	CLIENTE 5	€ 6.355,77	45,99	B
	CLIENTE 2	€ 5.412,43	39,17	A
	CLIENTE 21	€ 2.016,00	14,59	C
	CLIENTE 22	€ 34,39	0,25	C

5.3 Analisi statistica delle serie storiche della domanda

Il secondo parametro considerato è la caratteristica del consumo dei vari prodotti, la quale è stata indagata attraverso l'analisi statistica delle serie storiche della domanda commerciale dei vari articoli nel triennio 2017-2018-2019. “Con riferimento ai processi di Demand Analytics, l'analisi statistica dei dati storici prescrive il calcolo di un insieme completo di indicatori statistici finalizzati a descrivere sinteticamente le caratteristiche quantitative di una serie storica temporalmente cadenzata, o di un insieme di valori alfanumerici relativi ad attributi esplicativi della domanda e delle sue determinanti esterne (Milanato D., 2008)⁶. Gli obiettivi dell'analisi statistica possono essere ricondotti a tre categorie:

-Sintesi numerica

Le analisi sui dati consuntivi delle serie storiche di vendita diventano di più facile lettura se operate mediante il calcolo di alcuni indicatori statistici di sintesi orientati a descrivere la variabilità numerica dei valori che si sono manifestati nel passato (media, deviazione standard, range di variazione ecc.)

-Identificazione di outlier

Tramite l'analisi statistica è possibile individuare ed isolare dei valori anomali, con bassa probabilità di accadimento e intensità numerica molto diversa rispetto al valore medio della serie storica. La rimozione di questi valori è parte integrante della fase di pulizia statistica delle serie storiche (sales cleaning), preliminare alla generazione del piano previsionale di domanda mediante algoritmi e modelli matematici di sales forecasting

-Finalità predittive

Le analisi statistiche infine supportano l'utilizzo predittivo delle serie storiche mediante l'analisi delle componenti di domanda: la stagionalità, il trend e la ciclicità. La conoscenza di queste componenti diventa di fondamentale importanza per l'elaborazione delle previsioni di vendita, fondamentali per i responsabili di produzione e di logistica per il dimensionamento efficiente delle risorse manifatturiere e distributive lungo i canali commerciali della filiera logistica

⁶ Milanato D., 2008, *Demand Planning*, Springer-Verlag Italia, Milano.

Nel nostro caso l'obiettivo dell'analisi statistica condotta in questa fase è stato quello di caratterizzare la domanda dei vari articoli in termini di:

- Quantità, calcolate su diversi orizzonti temporali, sia in unità commerciali (scatole di prodotto vendute) sia in termini di unità produttive (Kg di prodotto venduto)
- Frequenza, così da poter distinguere gli articoli con consumo regolare da quelli con consumo sporadico
- Variabilità, in modo da poter individuare fenomeni di ciclicità ed eventuali valori anomali

Il primo step dell'analisi è stato quello di individuare la tipologia di dati a disposizione: l'azienda dispone dei dati relativi agli ordini giornalieri ricevuti a partire da gennaio 2017. Si tratta di dati raccolti manualmente con frequenza giornaliera e registrati su fogli di calcolo Excel. La presenza di questo database di informazioni ha reso fattibile l'analisi statistica progettata.

Verificata la fattibilità dell'analisi, il secondo step è stato quello dell'elaborazione: i vari dati sono stati accorpati in un unico file Excel, in modo da ottenere le serie storiche dei dati di vendita di ogni prodotto organizzate per anno, e campionate su base giornaliera; da queste sono state poi ricavate le serie storiche con frequenza settimanale e mensile. I dati considerati fanno riferimento al periodo compreso tra gennaio 2017 e dicembre 2019, per un totale di 36 mesi e 152 settimane. Infine, l'ultimo step è stato quello dell'analisi dei dati, fase nella quale sono stati utilizzati sia strumenti qualitativi (grafici) sia quantitativi (parametri statistici).

Vista l'elevata quantità di prodotti da analizzare, i grafici sono stati impiegati in prima battuta per avere un'informazione preliminare sui volumi di vendita e sulle caratteristiche del consumo dei vari prodotti. Questa analisi è stata condotta per tutti i 75 articoli considerati nell'analisi ABC sul fatturato.

Quello che è emerso dai grafici conferma la situazione fotografata dall'analisi ABC: i prodotti di classe A e B sono quelli che hanno volumi di vendita, anche in termini di unità commerciali, mediamente più elevati rispetto agli articoli di classe C.

A titolo d'esempio, il grafico di figura 5.4 riporta il confronto dei volumi di vendita mensili nel triennio analizzato di tre articoli della famiglia pane, in classe A B e C nell'analisi di fatturato del 2019.

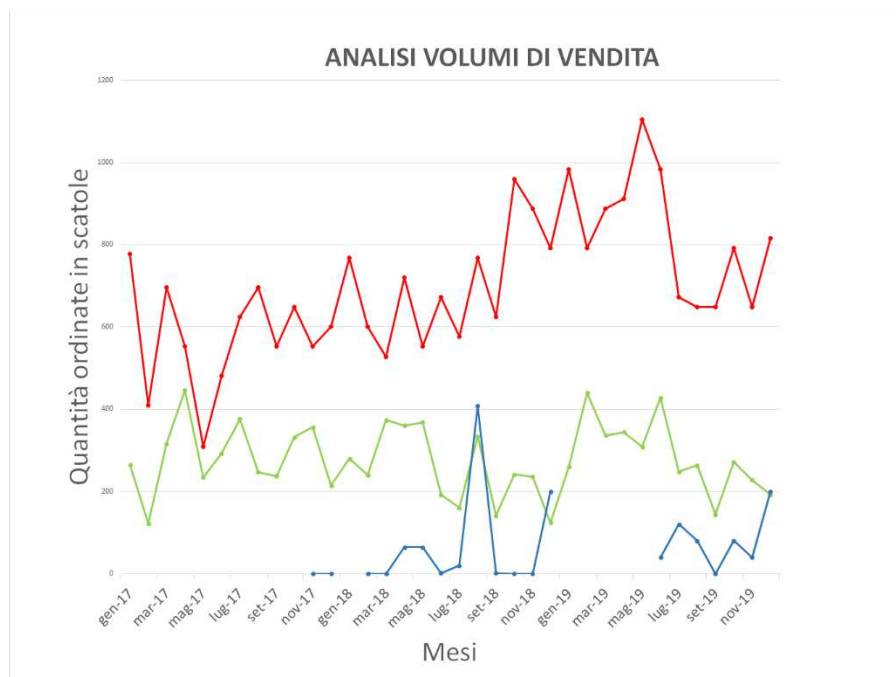


Figura 5.4: Confronto tra i grafici di articoli della famiglia pane appartenenti a classi di fatturato diverse. L'articolo in rosso è di classe A, quello in verde di classe B e infine quello in blu di classe C.

I grafici hanno permesso di fare anche delle prime valutazioni sulla frequenza e sulla variabilità della domanda dei vari prodotti. Sempre in riferimento all'esempio riportato, si osserva che gli articoli di classe A e B hanno frequenza mensile maggiore rispetto all'articolo di classe C, dal momento che per questi articoli non si hanno bucket temporali a domanda nulla. Invece, per quanto riguarda la variabilità, si osserva che questa è caratterizzata dalla presenza di una componente oscillatoria attorno al valore medio, la quale può avere trend sia crescente che decrescente al variare del prodotto considerato. Per l'articolo rosso di figura 5.4, ad esempio, si osserva che la componente oscillatoria è caratterizzata da un trend crescente nel periodo analizzato, da attribuire ad un aumento dei volumi medi di vendita. Oltre alla componente oscillatoria, la domanda è caratterizzata anche dalla presenza di picchi molto accentuati, presenti in quantità diverse a seconda dell'articolo considerato. La presenza di questi picchi è stata indagata più in dettaglio, andando ad analizzare i dati di vendita suddivisi per cliente. L'indagine ha rivelato che non è facile individuare con esattezza le cause di questi picchi, in quanto vi sono diverse variabili che entrano in gioco nel fenomeno. Tuttavia, ne sono state individuate due principali per gli articoli di Stuzzità:

- Gli **eventi promozionali**, i quali possono contribuire ad un aumento significativo delle vendite in determinati periodi temporali, coincidenti con i periodi promozionali. L'impatto delle promozioni tuttavia non è quantificabile in maniera esatta, e pertanto diventa difficile da prevedere dall'analisi delle sole serie storiche. La prova di ciò è stata ottenuta andando ad analizzare il comportamento dei principali clienti di Stuzzità nei periodi di promo. Tale analisi ha rivelato scenari anche molto diversi fra loro: si passa da casi in cui i volumi di riordino nelle settimane di promo non subiscono variazioni significative rispetto ai valori

medi (figura 5.5), a casi in cui nel periodo di promo si assiste effettivamente ad un aumento del volume degli ordini settimanali e anche della frequenza di riordino (figura 5.6)

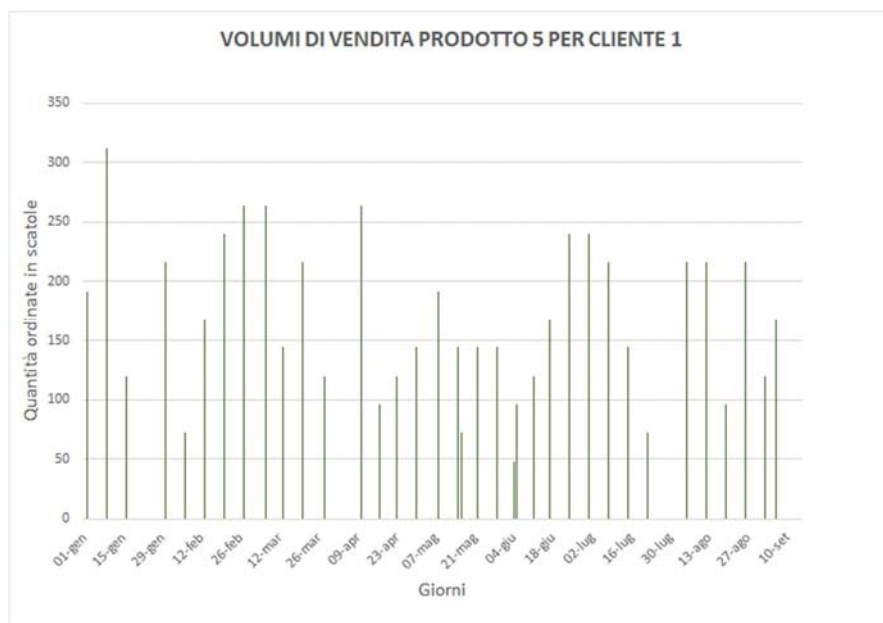


Figura 5.5: La figura riporta l'andamento dei volumi di ordinato per l'articolo PRODOTTO 5 nel caso del CLIENTE 1. Si osserva che nel periodo di promo (22 luglio-16 agosto) non si assiste ad un aumento dei volumi di riordino rispetto alla media.

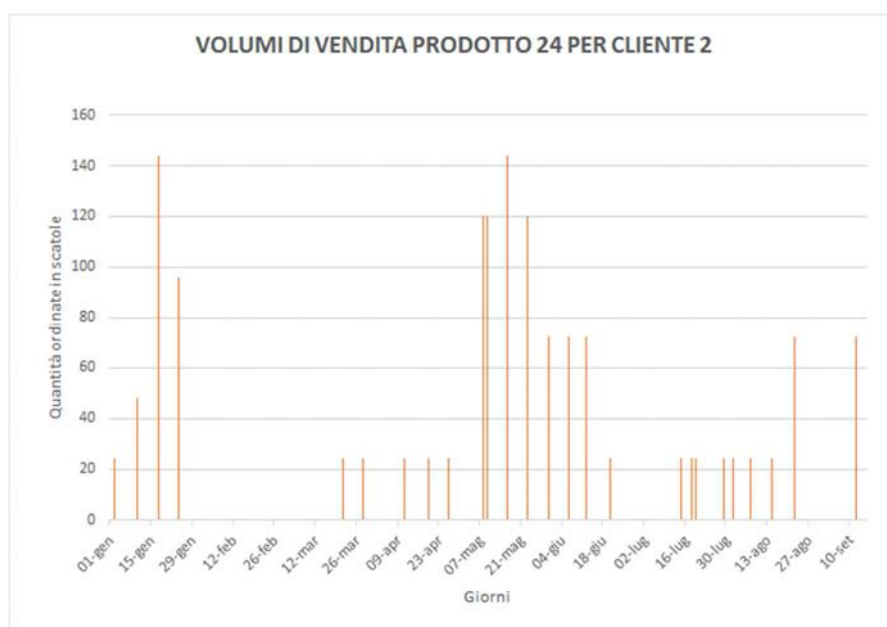


Figura 5.6: La figura riporta l'andamento dei volumi di ordinato per l'articolo PRODOTTO 24 nel caso del CLIENTE 2. Si osserva che nel periodo di promo (29 aprile-7 giugno) si assiste ad un significativo aumento dei volumi e della frequenza di riordino.

- Le **politiche di approvvigionamento** dei vari clienti, che in alcuni casi sono tali per cui in certi periodi si manifestino delle concentrazioni significative della domanda. Ad esempio, dall'analisi di alcuni picchi di consumo è emerso che questi sono da associare ai lotti di riordino molto elevati del CLIENTE 5 il quale emette ordini con frequenza ridotta, ma caratterizzati da volumi importanti, molto maggiori rispetto ai valori medi complessivi. Pertanto, quando questo cliente emette un ordine, si manifestano dei picchi di consumo (figura 5.7).

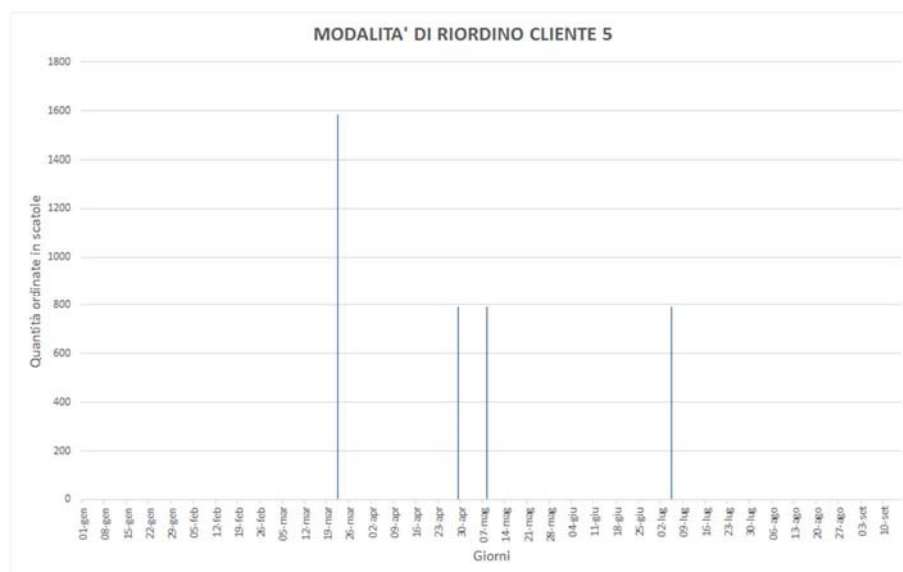


Figura 5.7: Il grafico rappresenta gli ordini emessi dal CLIENTE 5 per l'articolo PRODOTTO 2. Si tratta di ordini emessi con frequenza ridotta e caratterizzati da volumi molto maggiori (1.600/800 scatole) rispetto a quelli medi degli ordini di altri clienti (250/300 scatole).

Altri clienti, come il CLIENTE 3, in alcuni periodi emettono degli ordini con volumi fino a 4 volte maggiori rispetto a quelli medi normalmente emessi, i quali generano dei picchi della domanda (figura 5.8). Questa tipologia di picchi è quella più difficile da gestire in sede di pianificazione, in quanto non è associabile ad eventi noti, e dunque prevedibili, come le promozioni. I periodi di promo infatti sono concordati con largo anticipo con i clienti e dunque sono noti i periodi per i quali è più probabile che si verifichino dei picchi del consumo.

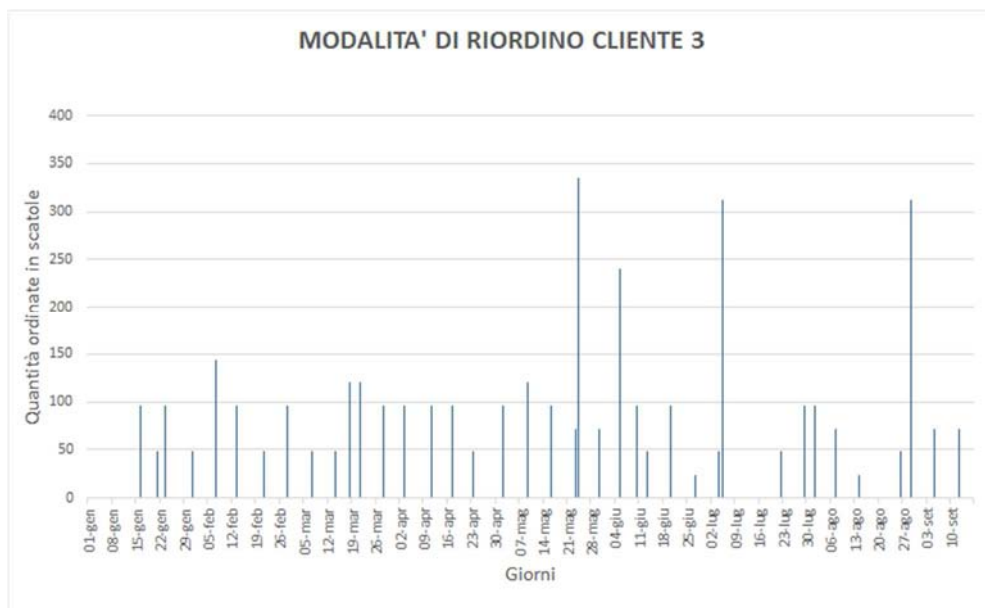


Figura 5.8: Il grafico rappresenta l'andamento dei volumi di riordino del CLIENTE 3 per l'articolo PRODOTTO 2. Si osservano dei picchi di consumo in determinati periodi, che non coincidono però con periodi promozionali.

Non è stata rilevata la presenza di articoli con consumo fortemente stagionale: non sono infatti emersi degli andamenti periodici della domanda legati a particolari periodi dell'anno.

Passando all'analisi quantitativa, si ha che questa è stata effettuata tramite il calcolo di parametri statistici, in grado di fornire indicazioni sintetiche rispetto agli obiettivi dell'analisi.

L'analisi dei volumi della domanda è passata attraverso i seguenti parametri:

- La **media semplice** delle serie storiche, definita dalla relazione:

$$\mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T D(t) = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_T}{T}$$

calcolata su base annuale, mensile e settimanale. Va specificato che la media semplice così definita, pesando ugualmente tutti i valori della serie, risente fortemente della presenza di outliers, in quanto quest'ultimi vengono considerati in maniera analoga ai valori centrali. Tuttavia, per il tipo di analisi condotta in questo contesto, finalizzata ad avere un'idea generale sui volumi di vendita dei vari articoli in diversi orizzonti temporali, questo tipo di strumento risulta essere sufficiente

- Il **valore massimo** delle serie, su base settimanale, per ognuno degli anni analizzati, definito dalla relazione:

$$D_{max} = \max_{t=1, \dots, T} D(t)$$

Questo parametro permette di identificare il massimo valore della domanda verificatosi, il quale è utile ai fini del dimensionamento della capacità produttiva

e distributiva. “Supponendo di produrre i prodotti finiti nel medesimo periodo in cui si manifesta la domanda (piano di produzione di massima reattività), identificare l'ammontare della domanda massima serve a dimensionare le risorse manifatturiere per sopportare il picco di domanda massima (periodo di maggiore saturazione delle risorse). Viceversa, il valor medio di una distribuzione storica di domanda serve a dimensionare nel modo più livellato possibile il profilo temporale di impiego delle risorse (piano di produzione di minima reattività)”(Milanato D., 2008)⁷

Per quanto riguarda le caratteristiche di consumo si è analizzata nello specifico la frequenza d'ordine, utilizzando come parametro la **densità degli zeri (DZ)**, definita nel paragrafo 3.3.6, calcolata su base settimanale. La settimana è stata considerata l'intervallo temporale più idoneo in quanto da un lato gli ordini hanno cadenza settimanale per la maggior parte dei prodotti e dei clienti, dall'altro perché la settimana è il periodo temporale target per la pianificazione. Sulla base dei valori di DZ i vari codici sono stati classificati in classi di frequenza: Runners, Repeaters e Strangers. I valori di soglia delle tre classi sono stati definiti prendendo in considerazione quelli proposti da alcuni autori in letteratura, riportati in tabella 3.2 del paragrafo 3.3.6, i quali poi sono stati modificati per avere una corretta rappresentazione della situazione analizzata. L'identificazione dei prodotti in classi di frequenza infatti dipende dalle caratteristiche di mercato e dagli orizzonti di pianificazione del caso considerato. Il metodo utilizzato per tarare i valori di soglia delle varie classi è stato quello di confrontare in maniera iterativa le considerazioni del responsabile di pianificazione della produzione, che ben conosce le caratteristiche di consumo dei vari prodotti, con i risultati ottenuti con diversi valori, fino all'ottenimento dei valori che hanno permesso di avere una rappresentazione corretta della situazione analizzata. I valori finali utilizzati sono riportati in tabella 5.3:

Tabella 5.3: Valori di soglia utilizzati per identificare le tre classi di frequenza.

Densità degli zeri	Frequenza del consumo	Denominazione
$0 < DZ < 25\%$	Alta	Runners
$25\% < DZ \leq 50\%$	Media	Repeaters
$DZ > 50\%$	Bassa	Strangers

L'analisi quantitativa ha confermato e ha permesso di analizzare nel dettaglio quanto emerso dall'analisi qualitativa preliminare, evidenziando le seguenti situazioni (in riferimento ai dati del 2019), sintetizzate in tabella 5.4:

- Gli articoli in classe A di fatturato sono caratterizzati da domanda con frequenza elevata: tutti i 9 articoli infatti appartengono alla classe dei Runners. Si ha inoltre che i volumi di ordinato di questi articoli sono maggiori rispetto a quelli di classe

⁷ Milanato D., 2008, *Demand Planning*, Springer-Verlag Italia, Milano.

B e C: il 60% dei chilogrammi di ordinato infatti è stato generato da questa classe di articoli. Mediamente ogni settimana si ricevono 13.277 Kg di ordini di prodotti di classe A di fatturato

- Gli articoli di classe B di fatturato contengono diverse tipologie di articoli in quanto su 16 articoli, 9 sono della classe dei Runners, 6 di quella dei Repeaters e infine un solo articolo è della classe degli Strangers. I chilogrammi totali di ordinato realizzati da questa classe di articoli rappresentano il 29% del totale. L'ordine settimanale medio complessivo per questa classe ha un volume di 6.249 Kg
- Gli articoli di classe C infine sono per la maggior parte articoli con frequenza di consumo ridotta, ma si trovano anche articoli con frequenza di consumo elevata. Su 40 articoli infatti 32 sono Strangers, 5 sono Repeaters e 3 sono Runners. Per quanto riguarda i volumi di ordinato si ha un impatto del 11% sul volume totale annuo di ordinato, mentre settimanalmente si ricevono mediamente ordini per 2.738 Kg

Tabella 5.4: Sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi statistica per l'anno 2019.

	CLASSE A			CLASSE B			CLASSE C		
	RUNNERS	REPEATERS	STRANGERS	RUNNERS	REPEATERS	STRANGERS	RUNNERS	REPEATERS	STRANGERS
NUMEROSITA'	9	0	0	9	6	1	3	5	32
KG SETTIMANALI	13.277			6.249			2.738		
KG TOTALI ANNUALI	726.142,04			345.418			138.791		
PERCENTUALE	60%			29%			11%		

Si osserva che il contributo ai volumi di vendita in termini di kilogrammi si distribuisce sulle 3 classi con le percentuali del 60-30-10, in maniera analoga a quanto accade per il fatturato. Pertanto, gli articoli a maggiore impatto sul fatturato sono anche quelli che hanno maggiore impatto sulle risorse produttive e distributive dell'azienda, le quali pertanto dovranno essere gestite con molta attenzione per mantenere elevate le marginalità di guadagno.

5.4 Individuazione degli articoli candidati alla gestione MTS

Con i dati ottenuti, siamo a questo punto in grado di determinare i prodotti che meglio si candidano ad una gestione Make to Stock.

Analizzando gli articoli per classe di fatturato si hanno le seguenti situazioni:

- Per quanto riguarda la classe A abbiamo tutti codici molto importanti visto il loro forte impatto sul fatturato, per i quali è pertanto opportuno garantire livelli di servizio elevati. I rischi di stock out devono essere minimizzati in quanto questi da un lato generano elevati costi, e dall'altro causano una perdita di fidelizzazione da parte dei clienti che acquistano questi prodotti. Perdita di fidelizzazione che può essere molto dannosa e non dev'essere sottovaluta: secondo quanto emerso dall'analisi incrociata infatti questi articoli sono comuni a molti clienti, tra i quali tutti quelli in classe A e B. Pertanto, eventuali rotture di stock, e in generale perdite di qualità su questa classe di prodotti, si ripercuoterebbero negativamente su tutti i clienti principali.

Da un punto di vista del ciclo vita, si tratta di articoli tutti a cavallo tra la fase di crescita e di maturità: c'è un mercato stabile di riferimento, come testimoniato dalla stabilità dei volumi di vendita dell'ultimo triennio, che l'azienda sta cercando di ampliare con l'inserimento di nuovi clienti.

Infine, da un punto di vista del consumo questa classe vede la presenza di articoli tutti con domanda ad elevata frequenza settimanale.

Queste considerazioni portano a concludere che per tutti gli articoli della classe A di fatturato sia opportuna la gestione MTS.

- Passando ai prodotti di classe B si hanno più situazioni da analizzare. Per quanto riguarda il livello di servizio, questo deve rimanere elevato in quanto questa categoria di articoli ha un impatto complessivo del 30% sul fatturato. Dall'analisi incrociata prodotto-cliente è emerso che si tratta di prodotti che per la maggior parte dei casi sono venduti principalmente ad un solo cliente di fascia A e B: infatti su 16 articoli, 13 sono codici acquistati da un solo cliente di classe A o B, i restanti 3 invece condividono più clienti di classe A e B.

Dal punto di vista del ciclo vita anche in questo caso abbiamo prodotti con un mercato e dei clienti stabili di riferimento.

Dal punto di vista della frequenza di consumo si passa da articoli con frequenza di consumo regolare (Runners e Repeaters) i quali si candidano ad una gestione a scorta, e un articolo con frequenza d'ordine ridotta (PRODOTTO 17). Quest'ultima situazione, che appare come un'anomalia, è stata analizzata più nel dettaglio rivelando che l'articolo ha consumo stagionale, dovuto al cliente che lo acquista (dettaglio che non era emerso dall'analisi grafica in quanto la vendita è iniziata nel 2019). L'unico acquirente dell'articolo è infatti il CLIENTE 9, il quale è in attività solo in alcune stagioni dell'anno. Questo fatto determina che il consumo del PRODOTTO 17 diventi a sua volta stagionale. Pertanto, la gestione MTS non è adatta a questo articolo in tutti i periodi dell'anno, in quanto porterebbe ad un accumulo di scorte non necessario. Tuttavia, può essere utilizzata in maniera strategica appena prima i periodi di vendita, per livellare la produzione ed evitare di dover far fronte a picchi della domanda.

Vi sono poi due articoli per i quali non è opportuna la gestione MTS in quanto questa introdurrebbe un rischio elevato di avere dei costi legati alla deperibilità dei prodotti. Questi sono le due varianti di salame al cioccolato (PRODOTTO 22 e PRODOTTO 23) le quali vengono acquistate da un solo cliente. La frequenza d'ordine di questi articoli non assicura che vi sia compatibilità tra i tempi di giacenza delle scorte con la vita utile da garantire al cliente finale. Infatti, non vi è un consumo settimanale costante: nelle serie storiche vi sono casi in cui la domanda non si è manifestata anche per più di due settimane consecutive. Dal momento che la vita utile da garantire è di 33 giorni (75% della shelf life di 45 giorni) una permanenza di scorte per più di 10 giorni rischierebbe di compromettere la qualità finale, con conseguenti costi. Dunque, per questi articoli è opportuno mantenere una gestione MTO/ATO come quella attuale, in cui la produzione è tirata dagli ordini cliente.

Per il resto degli articoli, anche per quelli della classe dei Repeaters, risulta opportuna una gestione Make to Stock. Trattandosi infatti di prodotti surgelati, anche se la frequenza non è da Runners, il rischio per la qualità finale del

prodotto rimane basso. Bisognerà tuttavia fare attenzione nella fase di scelta dei livelli di gestione delle giacenze.

- Infine, per quanto riguarda la classe C si hanno prodotti con un minor impatto sul fatturato. Questo minor impatto è da associare al tipo di consumo, sia in termini di frequenza sia in termini di volumi di vendita: si tratta infatti di articoli con domanda a bassa frequenza e con volumi di riordino mediamente più bassi rispetto a quelli che si hanno per gli articoli di classe A e B. I clienti che acquistano questi articoli sono per la maggiore di classe C, ma in alcuni casi troviamo anche clienti di classe A e B. Ne segue che anche in questi casi è fondamentale fare attenzione al livello di servizio. Tuttavia, la gestione MTS non risulta sempre conveniente, e in alcuni casi è preferibile mantenere la gestione MTO attualmente utilizzata. Questa infatti permette una maggiore efficienza nella gestione di questa classe di codici per due motivi principali: in primis, i volumi di riordino sono tali da generare un fabbisogno di capacità produttiva ridotto, a cui l'azienda riesce a far fronte nel tempo di risposta disponibile. Pertanto, in questi casi la gestione Make to order è sufficiente per rispondere agli ordini garantendo un adeguato livello di servizio, anche senza la presenza di scorte di prodotto finito. Secondo, la ridotta frequenza di consumo aumenterebbe il rischio di permanenza elevata, oltre i limiti compatibili con la vita utile da garantire, finendo così per generare dei costi legati al deperimento dei prodotti.

Quindi, la gestione Make to stock è stata considerata idonea solo per i 3 articoli Runners, mentre è stata rifiutata per i Repeaters e per gli Strangers, per le motivazioni appena descritte.

L'ultima considerazione per questa classe di articoli riguarda un prodotto che si trova nella fase introduttiva del suo ciclo vita: è l'articolo "PRODOTTO 28". Questo articolo infatti è da poco stato introdotto nel mercato e, nonostante fino ad ora abbia manifestato un consumo sporadico, deve essere monitorato in quanto nei prossimi mesi il tipo di consumo e i volumi d'ordine potrebbero variare in modo significativo. Quindi, sebbene attualmente la gestione MTO risulti la più idonea, questa andrà rivalutata nei prossimi mesi in base alla reazione del mercato

La tabella 5.5 riporta i codici ritenuti idonei ad essere gestiti con una logica MTS. Va detto che i risultati a cui si è arrivati, assieme alle analisi che le hanno prodotte, vanno considerate in modo dinamico, nel senso che le variabili analizzate possono variare anche in modo significativo nel tempo, pertanto devono essere monitorate e periodicamente analizzate.

Tabella 5.5: La tabella riporta i 25 articoli individuati per la gestione Make to stock e le loro caratteristiche di consumo, in riferimento ai dati del 2019.

Articolo	Classe	Frequenza 19	Totale annuale 19		Media mensile 19		Media settimanale 19		Max settimanale 19	
			Scatole	Kg	Scatole	Kg	Scatole	Kg	Scatole	Kg
PRODOTTO 1	A	RUNNERS	33.832	101.496	2.819	8.458	550	1.649	880	2.640
PRODOTTO 2	A	RUNNERS	23.496	187.968	1.958	15.664	449	3.589	2.424	19.392
PRODOTTO 3	A	RUNNERS	9.888	70.007	824	5.834	186	1.320	408	2.889
PRODOTTO 4	A	RUNNERS	9.820	49.100	818	4.092	155	773	464	2.320
PRODOTTO 5	A	RUNNERS	12.051	96.408	1.004	8.034	229	1.836	600	4.800
PRODOTTO 6	A	RUNNERS	12.198	85.386	1.017	7.116	229	1.600	648	4.536
PRODOTTO 7	A	RUNNERS	14.615	29.230	1.218	2.436	235	470	645	1.290
PRODOTTO 8	A	RUNNERS	9.557	66.899	796	5.575	183	1.280	696	4.872
PRODOTTO 9	A	RUNNERS	5.600	39.648	467	3.304	107	759	432	3.059
PRODOTTO 10	B	RUNNERS	5.964	41.748	497	3.479	114	796	408	2.856
PRODOTTO 11	B	RUNNERS	7.430	52.010	619	4.334	143	1.000	482	3.374
PRODOTTO 12	B	RUNNERS	2.570	20.560	214	1.713	49	388	240	1.920
PRODOTTO 13	B	RUNNERS	6.195	27.692	516	2.308	94	419	432	1.931
PRODOTTO 14	B	RUNNERS	4.698	14.094	392	1.175	78	233	216	648
PRODOTTO 15	B	RUNNERS	5.224	36.568	435	3.047	100	700	348	2.436
PRODOTTO 16	B	REPEATERS	3.820	11.460	318	955	61	183	216	648
PRODOTTO 18	B	REPEATERS	2.080	12.480	173	1.040	32	194	160	960
PRODOTTO 18	B	RUNNERS	3.856	26.992	321	2.249	74	516	360	2.520
PRODOTTO 19	B	REPEATERS	2.624	14.563	219	1.214	44	244	144	799
PRODOTTO 20	B	REPEATERS	2.944	20.608	245	1.717	57	396	408	2.856
PRODOTTO 24	B	RUNNERS	2.414	12.070	201	1.006	38	190	240	1.200
PRODOTTO 25	B	RUNNERS	3.464	24.248	289	2.021	66	463	240	1.680
PRODOTTO 27	C	RUNNERS	2.421	19.368	202	1.614	46	365	192	1.536
PRODOTTO 37	C	RUNNERS	1.671	2.005	139	167	27	32	252	302
PRODOTTO 39	C	RUNNERS	262	786	37	112	10	29	52	156

5.5 Verifica di fattibilità della gestione ipotizzata

Individuati gli articoli che più si adattano alla logica di risposta al mercato Make to Stock, il passo successivo è stato quello di verificare la possibilità di realizzare questo tipo di gestione. Fino ad ora infatti, nulla si è detto riguardo la fattibilità della gestione ipotizzata in termini di disponibilità di capacità produttiva, e i ragionamenti sono stati condotti senza mai esplicitare l'ipotesi di fondo: la capacità produttiva disponibile è maggiore di quella necessaria per l'evasione dell'ordinato. Solo se questa condizione è verificata è possibile applicare una gestione MTS: il surplus di produttività è quello da utilizzare per la produzione a stock.

La verifica di fattibilità è stata condotta elaborando un modello di calcolo (foglio Excel riportato in appendice B) che va a confrontare, su base settimanale, il fabbisogno di capacità produttiva generato dagli ordini con la disponibilità teorica, calcolata in "ore di manodopera". Dal confronto di queste due grandezze è possibile quantificare il surplus medio di capacità produttiva.

Per il calcolo del fabbisogno settimanale generato dagli ordini i dati utilizzati sono quelli ricavati dall'analisi statistica del paragrafo 5.3. In particolare, il fabbisogno complessivo settimanale è stato assunto pari alla somma della domanda settimanale media del 2019 di tutti gli articoli candidati alla gestione MTS.

La capacità produttiva invece è stata calcolata in termini di "ore di manodopera" prendendo in considerazione i tempi standard di produzione nei vari reparti. Questi tempi, già noti, sono stati riacquisiti e monitorati durante il periodo di tesi, tramite cronometraggio diretto delle varie operazioni. Per ogni reparto produttivo sono stati calcolati i tempi necessari per la lavorazione di una quantità pari a quella dell' "unità impasto" di tutti prodotti considerati; per le operazioni di confezionamento invece i tempi sono stati calcolati in riferimento all'unità "bancale". Sulla base dei tempi

standard ricavati è possibile calcolare il fabbisogno di capacità produttiva generato dagli ordini settimanali nei vari reparti e confrontarlo con la disponibilità. Lo schema di calcolo utilizzato è quello rappresentato in figura 5.9.

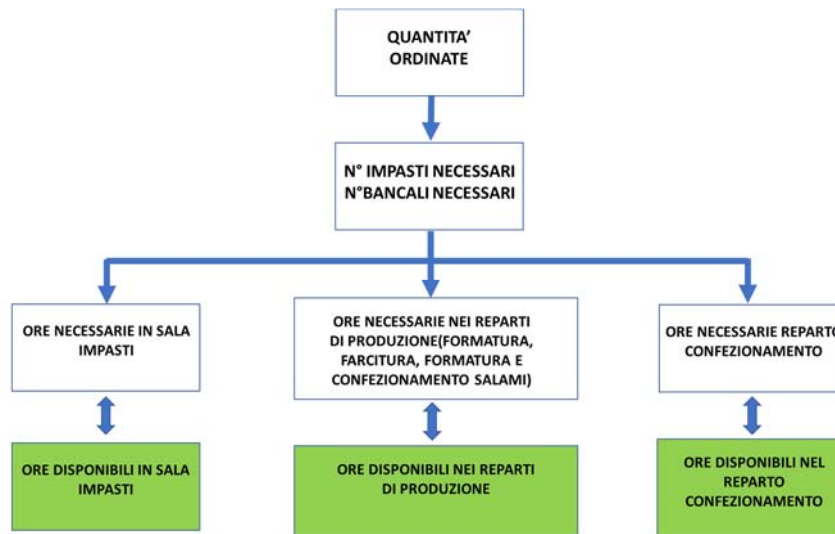


Figura 5.9: Schema di calcolo utilizzato per il confronto tra capacità produttiva disponibile e necessaria.

Le ore di manodopera necessarie per ogni macchina $Q_{macchina}$ sono calcolate secondo la seguente equazione:

$$Q_{macchina} = N^{\circ}_{operatori\ necessari} \cdot N^{\circ}_{impasti} \cdot N^{\circ}_{ore\ ad\ impasto}$$

Dove:

- $N^{\circ}_{operatori\ necessari}$ è il numero di risorse richiesto dalla macchina per la realizzazione di un determinato prodotto (il quale varia a seconda del prodotto, come precedentemente spiegato)
- $N^{\circ}_{impasti}$ è il numero di impasti necessari per soddisfare la domanda
- $N^{\circ}_{ore\ ad\ impasto}$ è il tempo standard di produzione nella macchina, con le condizioni di lavoro considerate

Va specificato che per il calcolo del fabbisogno di capacità nei reparti di formatura si è considerato che per alcuni prodotti la sala impasti risulta essere un collo di bottiglia per la produttività. Infatti, dal momento che il reparto formatura e la sala impasti lavorano in continuità senza tempi di attesa, si ha che quando il tempo necessario per preparare l'impasto è maggiore di quello necessario a formarlo, il reparto formatura ha dei tempi di attesa tra un impasto e l'altro. Risulta pertanto che in questi casi la capacità produttiva in formatura è pari a quella della sala impasti. Dunque, il calcolo di fabbisogno di capacità per queste situazioni è stato fatto considerando come tempo di formatura un tempo maggiore, pari a quello di preparazione dell'impasto.

Sommando i fabbisogni su tutte le macchine, si ottiene il fabbisogno complessivo settimanale di capacità produttiva in termini di ore di manodopera per ogni reparto, il quale deve essere confrontato con la disponibilità settimanale.

Questa è stata calcolata per ogni reparto, tramite la relazione:

$$C_{\text{reparto}} = N^{\circ} \text{operatori reparto} \cdot N^{\circ} \text{ore settimanali}$$

dove:

- $N^{\circ} \text{operatori reparto}$ è il numero di risorse per reparto
- $N^{\circ} \text{ore settimanali}$ è il numero di ore lavorative settimanali di ogni risorsa, pari a 40

Per quanto riguarda la sala impasti, la capacità produttiva disponibile è stata calcolata considerando la possibilità di realizzare due impasti contemporaneamente per turno, vista la presenza di 2 impastatrici. La disponibilità teorica di capacità produttiva della sala impasti è data dall'equazione:

$$C_{\text{sala impasti}} = N^{\circ} \text{impastatori per turno} \cdot N^{\circ} \text{impastatrici} \cdot N^{\circ} \text{ore settimanali}$$

Quindi per ogni turno da 7 ore si hanno 14 ore di capacità produttiva, mentre nel turno da 5 ore si hanno 10 ore di disponibilità per turno. Inoltre, è stato considerato per semplicità che ogni impastatrice venga caricata, ad ogni ciclo di mescolamento, con una quantità pari a quella di un impasto, quando in realtà una delle due impastatrici ha una capacità maggiore, e può mescolare ad ogni ciclo fino a 2 impasti contemporaneamente.

Riassumiamo di seguito le ipotesi fatte in questa verifica:

- La domanda media settimanale è stata sovrastimata, dal momento che è stata assunta pari alla somma della domanda settimanale di tutti gli articoli candidati alla gestione MTS. Fra questi articoli troviamo sia articoli con frequenza d'ordine settimanale, ma anche articoli con domanda che non si manifesta ogni settimana.
- La capacità produttiva disponibile considerata è quella teorica, calcolata sulla base dei tempi standard di produzione. Non è stato pertanto considerato che parte di questa capacità non sarà disponibile a causa di inefficienze e imprevisti del sistema. È stato stimato che il 6,5% di questa capacità teorica viene persa a causa dell'assenteismo e dei tempi di changeover. In particolare, è stata stimata un'incidenza dell'assenteismo del 4% mentre dei tempi di changeover del 2,5% rispetto alla capacità produttiva teorica settimanale di 720 ore
- La capacità produttiva del reparto sala impasti è stata sottodimensionata, in quanto è stato considerato che ogni impastatrice mescoli al più una quantità pari a quella di un impasto. In realtà, come spiegato, una delle due impastatrici viene utilizzata impastando anche quantità pari a 1,5-2 impasti alla volta, sempre in un tempo medio di 25 minuti. Quindi, la capacità reale della sala impasti risulta essere maggiore di quella considerata

Va detto infine che nell'analisi non sono stati considerati i reparti di lievitazione e cottura in quanto in questi reparti la necessità di risorse produttive non dipende

direttamente dai volumi di produzione, e pertanto non risulta vincolante dal punto di vista della verifica di fattibilità.

I risultati della verifica di fattibilità hanno confermato l'ipotesi di partenza, ossia che la capacità produttiva teorica disponibile è maggiore di quella necessaria per l'evasione della domanda settimanale media. Nelle seguenti tabelle sono riassunti i risultati ottenuti dal modello di calcolo utilizzato:

Tabella 5.6: Fabbisogno di capacità produttiva nei vari reparti di produzione nel caso in cui la domanda settimanale sia pari alla somma delle domande settimanali dei 25 articoli candidati alla gestione Make to stock.

	Sala impasti	Prodotti pane				Prodotti farciture				Confezionamento				Cella salami		
		SV	B4	S3	SF	SF	S3	SCH	TGL	FAR	MULTI	NASTRO	MANO	CELOFAN	FORM	CONF
Minuti manodopera	2.889	3.373	914	237	2.821	504	991	163	314	1.893	3.296	462	264	109	1.539	3.625
Ore manodopera	48	56	15	3,9	47	8	17	3	5	32	55	8	4	2	26	60
Turni	3,44	4,0	1,1	0,2	3,4	0,4	0,5	0,10	0,25	0,90	2,6	0,4	0,2	0,1	1,2	2,2

in tabella 5.6 sono riportati i carichi di lavoro nelle varie macchine dei reparti e i turni di funzionamento necessari per l'evasione della domanda media complessiva. In tabella 5.7 invece sono riportati i carichi di lavoro complessivi per ogni reparto, e le percentuali di utilizzo rispetto alla capacità disponibile:

Tabella 5.7: Confronto tra fabbisogno e disponibilità di capacità produttiva nel caso in cui la domanda settimanale sia pari alla somma delle domande settimanali dei 25 articoli candidati alla gestione Make to stock.

	NECESSARIE	DISPONIBILI	UTILIZZO
ORE IMPASTI	48	160	30%
ORE FORMATURA	273	440	62%
ORE CONFEZIONAMENTO	69	120	57%
TOTALE	390	720	54%

si osserva che il fabbisogno settimanale degli articoli da gestire con logica MTS impegna complessivamente il 54% delle capacità produttiva totale disponibile. Il reparto più utilizzato è quello di formatura, dove il carico di lavoro è pari al 62% della capacità disponibile, mentre la sala impasti è il reparto più scarico con un utilizzo del 30%. Dunque, si può concludere che il fabbisogno settimanale non impegna tutta la capacità produttiva teorica disponibile, che pertanto può essere utilizzata per la produzione a magazzino e per rispondere agli ordini degli articoli a domanda sporadica. È importante ribadire che si tratta di disponibilità teorica, e pertanto il surplus di capacità effettivo medio sarà minore di quello stimato a causa dell'assenteismo e dei tempi morti di produzione legati a changeover, fermi macchina, guasti, ritardi, mancanze di energia....

Sono stati simulati anche altri scenari, per analizzare in che modo varia l'impegno di capacità produttiva quando il carico settimanale generato dagli ordini diventa più importante.

Per realizzare questo tipo di indagine sono stati presi in considerazione sempre i dati storici della domanda media settimanale secondo la seguente procedura:

- È stata costruita una serie storica composta dalla somma delle domande settimanali del 2019, di ognuno dei 25 codici analizzati
- È stato ricavato l'istogramma delle frequenze della serie storica costruita, la cui forma a campana simmetrica permette di ipotizzare la normalità della distribuzione. Dunque, tramite la funzione di probabilità gaussiana, è stata calcolata la probabilità che la domanda complessiva si manifesti con un valore appartenente ad ognuna delle classi individuate. I risultati ottenuti e l'istogramma della distribuzione sono riportati in figura 5.10:

Inferiore	Superiore	Classe	N° classe	Frequenza	Probabilità teorica
232	1.016	624	1	1	0,68
1.016	1.800	1.408	2	0	4,53
1.800	2.584	2.192	3	4	15,87
2.584	3.368	2.976	4	11	29,50
3.369	4.153	3.761	5	20	29,13
4.153	4.937	4.545	6	12	15,29
4.937	5.721	5.329	7	2	4,26
5.329	6.113	5.721	8	2	1,77

Ampiezza classe 784
Semiampiezza 392

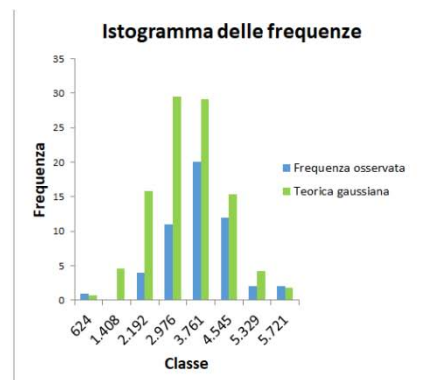


Figura 5.10: Risultato dell'analisi statistica della serie storica costruita.

- Dall'analisi dei risultati emerge che la domanda media settimanale utilizzata nella prima simulazione (tabella 5.7) appartiene alla classe numero 4, in quanto ha un valore complessivo di 3.353 scatole. Pertanto, la prima simulazione rappresenta una situazione di carico del sistema produttivo con probabilità di accadimento di circa il 29%, e offre una copertura del 50% rispetto ai valori della domanda media complessiva. Per le simulazioni successive sono stati considerati valori della domanda complessiva maggiori, appartenenti alle classi 6,7 e 8, e dunque con probabilità di accadimento rispettivamente del 15%, 4% e 1,77%. I mix di vendita che si ottengono dai valori della domanda complessiva scelti sono stati utilizzati per analizzare il fabbisogno di capacità produttiva che si genera in questi casi. I risultati sono riportati di seguito:

Tabella 5.8: Confronto tra fabbisogno e disponibilità di capacità produttiva quando la domanda complessiva assume un valore appartenente alla classe con probabilità di accadimento del 15%.

	NECESSARIE	DISPONIBILI	UTILIZZO
ORE IMPASTI	65	160	41%
ORE FORMATURA	362	440	82%
ORE CONFEZIONAMENTO	90	120	75%
TOTALE	517	720	72%

la tabella 5.8 riporta il confronto tra il fabbisogno e la disponibilità di capacità produttiva che si ha quando la domanda complessiva assume un valore appartenente alla classe 6 (4.363 scatole) e dunque con una probabilità di accadimento di circa il 15%. Si ha una saturazione complessiva del 72% e il reparto critico risulta essere quello di formatura con un coefficiente di utilizzo del 82%.

In tabella 5.9 invece riporta i risultati ottenuti quando la domanda complessiva considerata ha un valore appartenente alla classe 7 (5.482 scatole) e dunque con probabilità di accadimento del 4%.

Tabella 5.9: Confronto tra fabbisogno e disponibilità di capacità produttiva quando la domanda complessiva assume un valore appartenente alla classe con probabilità di accadimento del 4%.

	NECESSARIE	DISPONIBILI	UTILIZZO
ORE IMPASTI	93	160	58%
ORE FORMATURA	397	440	90%
ORE CONFEZIONAMENTO	125	120	105%
TOTALE	615	720	85%

Si osserva che la situazione diventa critica: si ha una saturazione complessiva del 85% e il reparto più critico è quello di confezionamento che, con un coefficiente di utilizzo del 105%, risulta sovrasaturato. Segue il reparto di formatura, con un coefficiente di saturazione del 90%.

Infine, l'ultima simulazione è stata condotta considerando uno dei massimi valori della domanda settimanale storica, appartenente alla classe 8 (6.113 scatole) con probabilità di accadimento del 1.77% (tabella 5.10).

Tabella 5.10: Confronto tra fabbisogno e disponibilità di capacità produttiva quando la domanda complessiva assume un valore appartenente alla classe con probabilità di accadimento del 1.77%.

	NECESSARIE	DISPONIBILI	UTILIZZO
ORE IMPASTI	106	160	66%
ORE FORMATURA	415	440	94%
ORE CONFEZIONAMENTO	131	120	109%
TOTALE	652	720	91%

In questo caso la saturazione della capacità produttiva disponibile è salita al 91% e ancora una volta i due reparti più critici sono quello di confezionamento e di formatura, con coefficienti di utilizzo rispettivamente del 109% e del 94%.

Va osservato che i coefficienti di carico che si manifestano nei vari casi simulati possono variare, a parità di domanda settimanale complessiva, al variare del mix. Pertanto, non devono essere considerati in modo puntuale, ma per sottolineare l'importanza di orientarsi verso una logica di gestione Make to stock. Infatti, la

variabilità della domanda può generare delle situazioni critiche che non possono essere gestite con logica Make to order: il fabbisogno di capacità produttiva che si manifesta in questi casi infatti è maggiore di quello erogabile dal sistema produttivo nei tempi a disposizione. Ne segue che, se si vogliono evitare rotture di stock, bisogna ricorrere ad ore di straordinari per compensare il deficit di capacità produttiva, con conseguenti costi. Con la presenza di adeguati livelli di stock per i prodotti giusti è possibile evitare queste situazioni critiche, aumentando l'efficienza del sistema produttivo. Infatti, le scorte di prodotto finito, disaccoppiando il mercato dal sistema produttivo, permettono da un lato di ammortizzare la variabilità della domanda rispetto ai valori medi, dall'altro di liberare capacità produttiva, che diventa così disponibile per la gestione di eventuali picchi.

Concludiamo in paragrafo dicendo che il modello di calcolo realizzato, permettendo di valutare in generale sulla base dei tempi standard di produzione l'impatto degli ordini sul sistema produttivo, può essere utilizzato in sede di pianificazione come supporto per l'elaborazione dei piani di produzione.

5.6 Calcolo delle scorte di sicurezza

Verificata la fattibilità della gestione Make to Stock per gli articoli individuati, il passo successivo è stato quello di calcolare le scorte di sicurezza.

Il modello utilizzato è quello descritto nel paragrafo 3.5, che permette di effettuare il dimensionamento in funzione del livello di copertura desiderato. Si è deciso di prendere in considerazione solamente la variabilità della domanda e di trascurare la variabilità sul tempo di approvvigionamento, che in questo contesto coincide con il tempo che intercorre tra l'emissione dell'ordine di produzione e il versamento a magazzino prodotto finito. Questa scelta trova giustificazione nella formulazione matematica del modello utilizzato: se si considera l'equazione che fornisce il valore della scorta di sicurezza, si osserva che quest'ultima è pari alla risultante di due vettori ortogonali che rappresentano rispettivamente la variabilità della domanda e dei lead time:

$$SS = k \cdot \sigma = k \cdot \sqrt{\mu_{LT} \cdot \sigma_D^2 + \mu_D^2 \cdot \sigma_{LT}^2}$$

Detta in altre parole, la scorta di sicurezza è pari all'ipotenusa del rettangolo avente per lati le due componenti di variabilità considerate. Si ha che quando la diversità dei cateti è molto spinta, l'ipotenusa tende ad essere molto simile al cateto maggiore. Pertanto, in presenza di una componente di variabilità più marcata rispetto all'altra, risulta ragionevole dimensionare la scorta di sicurezza trascurando la componente più debole. Nel nostro caso si ha che la componente di variabilità prevalente è quella dovuta alla domanda. Infatti, per quanto riguarda i lead time di produzione, si ha che questi sono affetti da una variabilità molto ridotta (ordine di grandezza di qualche ora rispetto al lead time di produzione che ha un ordine di grandezza di 7-14 ore) dal momento che si è in presenza di un sistema produttivo con tempi di attesa in coda tra i vari reparti praticamente nulli.

Di conseguenza risulta ragionevole dimensionare la scorta di sicurezza considerando solo la variabilità della domanda, secondo l'equazione:

$$SS_c = k \cdot \sigma_D$$

Fatta questa premessa, passiamo a descrivere le varie fasi necessarie al dimensionamento.

Il primo step è stato quello di verificare l'ipotesi che sta alla base del modello utilizzato, ossia che le serie storiche della domanda abbiano distribuzioni riconducibili al modello gaussiano. Tale verifica è stata fatta tramite il test non parametrico di Kolmogorv-Smirnov (KS) descritto nel paragrafo 3.6, il quale è stato applicato alle serie mensili della domanda del triennio 2017-2018-2019, per un totale di 36 mesi. La scelta di considerare le serie su base mensile non è casuale, ma è quella che permette di ottenere il miglior compromesso tra due fattori significativi rispetto all'obiettivo del test: variabilità ridotta della domanda e numerosità del campione statistico.

Quindi, tramite un foglio Excel opportunamente progettato, è stato applicato il test KS ad ognuno dei 25 articoli candidati alla gestione Make to stock, secondo la seguente procedura:

- In prima battuta il test è stato applicato ai dati grezzi delle serie storiche, andando a confrontare la frequenza cumulata osservata rispetto a quella attesa, sia graficamente che quantitativamente. Dunque, la massima differenza tra le due distribuzioni è stata confrontata con i valori limite, prescritti dalle tavole di Miller (riportate in appendice A), per 5 diversi valori del livello di confidenza α . A titolo d'esempio in figura 5.11 si riporta quanto svolto in questo primo step per l'articolo PRODOTTO 3: nelle due tabelle nella parte alta della figura sono riportati, nella prima, i parametri statistici della distribuzione, la seconda invece contiene l'applicazione del test e i risultati ottenuti. Si osserva che in questo caso il test dà esito positivo per tutti i livelli di confidenza analizzati. Nella parte inferiore è riportato, a sinistra, il grafico che confronta la frequenza cumulata osservata con la frequenza cumulata prevista dalla distribuzione gaussiana per i campioni analizzati: qui si possono osservare gli scostamenti della distribuzione sperimentale rispetto a quella teorica di riferimento. A destra invece è riportato l'istogramma delle frequenze osservate, che permette, in via qualitativa, di valutare quanto la forma della curva sperimentale si discosta dalla forma a "campana" della distribuzione normale

N° OSSERVAZIONI	36
MEDIA	700,9167
DEV STD	171,0939
MAX DIFFERENZA	0,094884

	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$
LIMITE	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
MAX DIFFERENZA	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095
TEST	OK	OK	OK	OK	OK

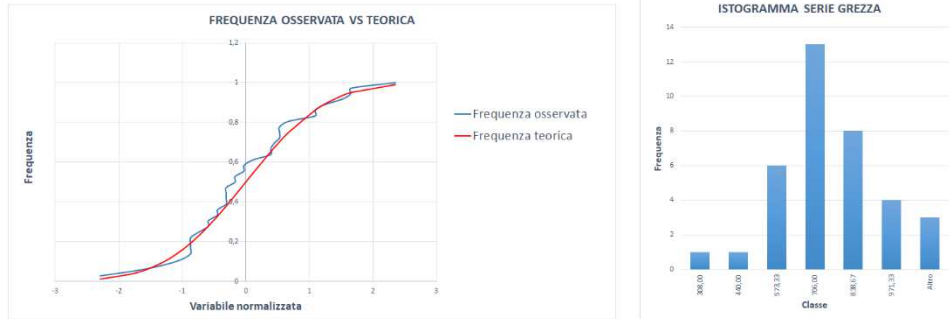


Figura 5.11: Risultati del Test KS sulla serie dei dati grezzi.

- Il passo successivo è stato quello di applicare una procedura di sales cleaning, in modo da rimuovere dalla serie dei dati grezzi eventuali outliers. In questo contesto gli outliers sono valori della domanda anomali rispetto al valore medio della serie, i quali possono presentarsi sia come picchi dei volumi di vendita (peak), ma anche come quantità molto ridotte (valley). Le cause dei valori anomali della domanda, come spiegato nei paragrafi precedenti, possono essere diverse, e sono nella maggior parte dei casi associabili ad eventi particolari, che rappresentano un' anomalia rispetto alla situazione standard di mercato. Pertanto, dal momento che l'obiettivo ultimo è quello di dimensionare le scorte di sicurezza in modo da fronteggiare la variabilità della domanda media, è opportuno procedere alla rimozione di questi valori che rappresentano situazioni eccezionali, le quali vanno fronteggiate con strumenti diversi dalle scorte di sicurezza.

L'algorithmo di sales cleaning utilizzato in questo contesto è basato sul concetto di **Intervallo di confidenza**: “assegnata una distribuzione storica di domanda $D(t)$ estesa su T periodi, calcolate la media μ_D e la deviazione standard σ_D corrispondenti, l'intervallo di confidenza al $\alpha\%$ è identificato tramite gli estremi inferiore (lower bound LBD) e superiore (upper bound UBD):

$$\mathbf{LBD} = \mu_D - k_\alpha \cdot \sigma_D ; \quad \mathbf{UBD} = \mu_D + k_\alpha \cdot \sigma_D$$

essendo k_α il percentile di ordine α della distribuzione normale standard associata alla distribuzione assegnata”(Milanato D., 2008)⁸.

⁸ Milanato D., 2008, *Demand Planning*, Springer-Verlag Italia, Milano.

La probabilità che un valore della domanda si collochi all'interno della banda individuata dall'intervallo di confidenza definito dagli estremi LBD e UBD è data dalle seguenti relazioni, derivanti dalla teoria delle variabili gaussiane:

- $\alpha = 68\%$ circa, per $k_\alpha = 1$;
- $\alpha = 95\%$ circa, per $k_\alpha = 1,96$;
- $\alpha = 99\%$ circa, per $k_\alpha = 2,58$;
- $\alpha = 99,8\%$ circa, per $k_\alpha = 3$.

Si avrà quindi che, se i valori della serie seguono approssimativamente una distribuzione gaussiana, il 95% di questi ad esempio saranno contenuti nell'intervallo:

$$[\mu_D - 1.96 \cdot \sigma_D; \mu_D + 1.96 \cdot \sigma_D]$$

di ampiezza pari a $3.92 \sigma_D$, simmetrico rispetto al valore medio, il quale può essere utilizzato come intervallo di discriminazione per certificare se un valore della serie possa essere considerato anomalo o meno. Pertanto, un valore della serie storica è considerato outlier quando cade all'esterno dell'intervallo di confidenza individuato. Gli outliers così individuati devono essere rettificati. La rettifica può avvenire secondo due modalità:

- 1) La prima modalità prevede che il valore anomalo venga posto uguale al valore di LBD o UBD, a seconda che il valore del outlier sia maggiore o inferiore degli estremi dell'intervallo di confidenza
- 2) La seconda modalità prevede che il valore anomalo identificato venga posto uguale al valore medio della serie storica originale

La pulizia delle serie storiche considerate è avvenuta considerando un intervallo di confidenza del 95% e rettificando gli outliers con il secondo dei metodi proposti, ossia quello che prevede di porre i valori anomali individuati uguali al valore medio della serie storica originale. In questo modo sono stati eliminati dalle serie tutti i valori che hanno una probabilità di verificarsi, rispetto ai dati storici, inferiore al 5%.

- Ultimo step della verifica di normalità è stato quello di applicare nuovamente il test KS alle nuove serie corrette, in modo da verificare che la correzione non avesse introdotto anomalie sulle distribuzioni. Per la maggior parte degli articoli la fase di rimozione degli outliers ha migliorato la forma della distribuzione sperimentale, andando a ridurre il valore di massimo scostamento tra la distribuzione osservata e quella teorica di riferimento, tuttavia vi sono dei casi, come quello riportato analizzato e riportato in figura 5.12, in cui la pulizia della serie storica ha aumentato lo scostamento tra le distribuzioni. Nel caso analizzato, la differenza tra le due distribuzioni è infatti passata da un valore iniziale di 0.0949 ad un valore finale di 0.1103, il quale ha comunque permesso alla distribuzione di superare il test con un livello di confidenza del 95%.

N° OSSERVAZIONI	36
MEDIA	700,63
DEV STD	142,2
MAX DIFFERENZA	0,1103

	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$
LIMITE	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
MAX DIFFERENZA	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
TEST	OK	OK	OK	OK	OK

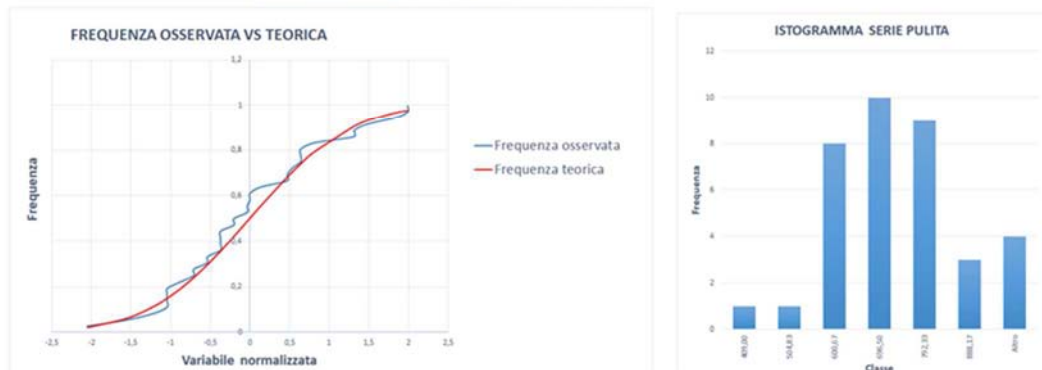


Figura 5.12: Risultati del test KS dopo la fase di sales cleaning.

La procedura descritta è stata applicata alla serie storiche mensili di tutti i 25 articoli: gli esiti dei test condotti sono riassunti nella tabella riportata integralmente in Appendice B (tabella B.4) dove, per ognuno degli articoli analizzati, sono riportati gli esiti dei test prima e dopo la fase di sales cleaning, gli estremi degli intervalli di confidenza utilizzati per la rimozione degli outliers e i valori dei parametri statistici delle serie prima e dopo la fase di rimozione (media e deviazione standard). In figura 5.12 si riporta un estratto di questa tabella:

	N° dati	36,00	α					α	k	N° dati	36,00	α						
			$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$					$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$		
PRODOTTO 1	μ	2.002,00	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18	0,95	1,96	μ	1.841,81	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
	σ	912,58	Dmax	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	Lower	213,35	σ	569,48	Dmax	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Dmax	0,16	Test	OK	OK	OK	OK	OK	Upper	3.790,65	Dmax	0,06	Test	OK	OK	OK	OK	OK
PRODOTTO 2	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$	α	k	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$		
	μ	2.147,44	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18	0,95	1,96	μ	2.129,41	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
	σ	695,85	Dmax	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	Lower	783,58	σ	549,96	Dmax	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Dmax	0,09	Test	OK	OK	OK	OK	OK	Upper	3.511,31	Dmax	0,08	Test	OK	OK	OK	OK	OK
PRODOTTO 3	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$	α	k	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$		
	μ	700,92	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18	0,95	1,96	μ	700,63	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
	σ	171,09	Dmax	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	Lower	365,57	σ	142,20	Dmax	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	Dmax	0,09	Test	OK	OK	OK	OK	OK	Upper	1.036,26	Dmax	0,11	Test	OK	OK	OK	OK	OK
PRODOTTO 4	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$	α	k	N° dati	36,00	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$		
	μ	732,89	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18	0,95	1,96	μ	699,38	Limite	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
	σ	224,90	Dmax	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	Lower	292,08	σ	168,36	Dmax	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Dmax	0,13	Test	OK	OK	OK	OK	OK	Upper	1.173,70	Dmax	0,09	Test	OK	OK	OK	OK	OK

Figura 5.12: Estratto della tabella riassuntiva che riporta i risultati del test KS condotto per tutti i 25 articoli individuati come idonei per la gestione Make to stock.

I risultati ottenuti permettono di considerare accettabile l'ipotesi che le distribuzioni della domanda mensile dei vari articoli possano essere considerate gaussiane: fissato un livello di confidenza del 95%, in tutti i 25 casi il test di Kolmogorov-Smirnov ha dato esito positivo.

Verificata l'ipotesi di gaussianità, lo step successivo è stato quello del dimensionamento vero e proprio delle scorte di sicurezza. Dal momento che l'obiettivo delle scorte di sicurezza è quello di permettere al sistema produttivo di fronteggiare la variabilità della domanda media settimanale, sulla base della quale si vuole livellare poi la produzione, allora è necessario convertire le serie storiche gaussiane considerate in fase di applicazione del test KS, in modo da ottenere i valori delle deviazioni standard su base

settimanale. Pertanto, i valori di σ ricavati dalle serie storiche corrette, sono stati ribaltati su base settimanale tramite la relazione:

$$\sigma_{settimanale} = \frac{\sigma_{mensile}}{\sqrt{4}}$$

considerando che in media in un mese sono presenti 4 settimane lavorative. Tramite i valori delle deviazioni standard così calcolate è stato possibile ricavare i valori delle scorte di sicurezza, tramite l'equazione:

$$SS = k \cdot \sigma$$

Dal momento che i prodotti surgelati vengono collocati a magazzino in bancali, allora i valori della deviazione standard sono stati convertiti dall'unità originaria (scatole) all'unità bancale, dividendo la deviazione standard per il numero di scatole per bancale. Invece, per i prodotti freschi, dal momento che il numero di scatole per bancale può variare a seconda del cliente che ordina, le scorte di sicurezza sono state calcolate rispetto all'unità scatola. I risultati del dimensionamento delle scorte di sicurezza sono riassunti nelle tabelle B.5 e B.6 riportate in appendice B, di cui si riporta un estratto in figura 5.13:

Articolo	K	LS	SS	IC	Valore	Costo mensile
PRODOTTO 2	1,04	85%	12	0,5	€ 1.975,04	€ 128,38
	2,06	98%	24	1,1	€ 3.950,07	€ 256,75
	3	99,80%	34	1,5	€ 5.595,94	€ 363,74
PRODOTTO 3	1,04	85%	3	0,4	€ 537,88	€ 34,96
	2,06	98%	6	0,8	€ 1.075,75	€ 69,92
	3	99,80%	9	1,2	€ 1.613,63	€ 104,89
PRODOTTO 4	1,04	85%	2	0,5	€ 561,41	€ 36,49
	2,06	98%	4	1,0	€ 1.122,82	€ 72,98
	3	99,80%	6	1,4	€ 1.684,23	€ 109,47
PRODOTTO 5	1,04	85%	4	0,4	€ 650,43	€ 42,28
	2,06	98%	8	0,7	€ 1.300,85	€ 84,56
	3	99,80%	12	1,0	€ 1.951,28	€ 126,83
PRODOTTO 6	1,04	85%	8	0,6	€ 1.019,28	€ 66,25
	2,06	98%	16	1,2	€ 2.038,56	€ 132,51
	3	99,80%	24	1,8	€ 3.057,84	€ 198,76
PRODOTTO 8	1,04	85%	5	0,6	€ 835,02	€ 54,28
	2,06	98%	10	1,1	€ 1.670,04	€ 108,55
	3	99,80%	14	1,6	€ 2.338,07	€ 151,97

Figura 5.13: Estratto della tabella riassuntiva dei risultati del dimensionamento delle scorte di sicurezza.

per ognuno degli articoli considerati sono state calcolate le scorte di sicurezza per 3 diversi valori del parametro k, e dunque per 3 diversi livelli di servizio garantiti, secondo quanto prescritto dalle relazioni di tabella 3.4. Prendendo come esempio l'articolo PRODOTTO 5, si osserva che con 4 bancali di scorta di sicurezza viene garantito un livello di servizio del 85%, il quale sale al 99,8% con una scorta di sicurezza di 12 bancali. Oltre ai valori delle scorte di sicurezza, sono stati calcolati altri parametri utili per valutare l'impatto economico legato alla gestione di queste: l'indice di copertura **IC**, calcolato sulla base del consumo settimanale medio, permette di valutare il tempo di permanenza della scorta di sicurezza in assenza di versamenti a magazzino. Questo parametro è importante, come già ribadito numerose volte, in quanto permette di

valutare quanto può impattare il tempo di giacenza sulla vita utile dei prodotti, e dunque sul rischio di deperimento. Il parametro **Valore** rappresenta il valore economico della giacenza stoccata a magazzino sotto forma di scorta di sicurezza: questo è stato calcolato tramite il costo industriale dei prodotti, il quale è stato calcolato per i vari articoli, secondo il modello che verrà illustrato nel dettaglio nel prossimo capitolo. Il parametro **Costo mensile** infine rappresenta il costo mensile medio legato alla permanenza delle scorte di sicurezza a magazzino. Questo indicatore è stato calcolato tramite l'equazione:

$$\text{Costo mensile} = i \cdot \frac{SS}{2}$$

dove:

1. i è il tasso annuo medio di mantenimento delle scorte, pari al 13% (il modo in cui è stato determinato il valore di questo parametro verrà illustrato nel capitolo successivo insieme al calcolo del costo industriale)
2. $\frac{SS}{2}$ invece è la giacenza di sicurezza media mensile, calcolata sulla base dell'ipotesi semplificativa assunta nel modello del lotto economico

Il valore che si ottiene dall'equazione appena descritta rappresenta il costo medio mensile di mantenimento della scorta di sicurezza, in quanto mensilmente l'azienda paga il canone di utilizzo del magazzino esterno. Con questi parametri il management aziendale è in grado di valutare, non solo il livello di servizio offerto dalle scorte di sicurezza, ma anche l'impatto economico che ne deriva.

Concludiamo il paragrafo con alcune importanti precisazioni rispetto al modus operandi utilizzato per il dimensionamento delle scorte di sicurezza: la verifica dell'ipotesi di normalità delle distribuzioni delle serie storiche ha portato a prendere in considerazione la domanda media mensile dei vari articoli su un orizzonte temporale di 3 anni. Questo approccio, sebbene permetta di avere un numero sufficientemente elevato di campioni tale da garantire l'affidabilità dei risultati del test KS, potrebbe risultare, per alcune situazioni, poco rappresentativo rispetto alla situazione attuale di mercato in cui opera l'azienda. Infatti, vi possono essere dei casi in cui i dati di vendita troppo lontani nel passato diventano insignificanti rispetto alla situazione attuale dell'azienda: determinate dinamiche di mercato possono aver portato all'aumento o alla diminuzione dei volumi medi degli ordini di alcuni prodotti. Ne deriva che la deviazione standard calcolata, dal momento che prende in considerazione tutti i dati storici della domanda, dando a tutti lo stesso livello di importanza, potrebbe non rappresentare bene la variabilità media della domanda attuale. Anche l'algoritmo di sales cleaning utilizzato è basato su un approccio di tipo statico, nel senso che nell'individuare gli outliers delle serie non permette di considerare le oscillazioni dei valori medi delle serie storiche nel tempo. Il risultato è che le scorte di sicurezza calcolate potrebbero rivelarsi non ottimali per alcuni articoli. Pertanto, è opportuno considerare i livelli di sicurezza così calcolati come dei valori di riferimento, i quali devono essere testati nei primi mesi di utilizzo e ritirati empiricamente qualora questi si rivelino inefficienti per fronteggiare la variabilità attuale della domanda. Va detto che la taratura delle scorte di sicurezza va comunque effettuata ogniqualvolta si verificano degli eventi che possono andare ad influenzare significativamente i volumi di vendita, come nel caso dell'acquisizione di un nuovo cliente.

La scelta di utilizzare questo approccio, basato su parametri statistici semplici, piuttosto che metodi più sofisticati e complessi, rimane comunque giustificata. La soluzione utilizzata infatti ha permesso di ottenere il giusto compromesso tra tempo e strumenti di calcolo disponibili per la realizzazione di questo progetto di tesi, e qualità dei risultati ottenuti. Il metodo utilizzato infatti ha permesso di introdurre dei parametri gestionali delle scorte che fino ad ora non erano mai stati definiti, i quali possono essere utilizzati come indicatori per individuare le situazioni più critiche, per le quali magari valga la pena applicare metodi di indagine più sofisticati.

6. Ottimizzazione del processo di pianificazione

L'obiettivo di questo paragrafo è quello di illustrare il progetto di miglioramento proposto per l'ottimizzazione del processo di pianificazione e programmazione della produzione.

Nel capitolo 6.1 verranno descritti gli approcci attualmente utilizzati con le criticità emerse, nel capitolo 6.2 i fattori che influenzano la capacità produttiva disponibile, evidenziando i margini di intervento che si hanno in sede di pianificazione. Il paragrafo 6.3 è dedicato alla descrizione del nuovo modello di pianificazione proposto e infine nel paragrafo 6.4 sarà applicato il modello del lotto economico di produzione per fotografare la situazione attuale del sistema da un punto di vista economico.

6.1 Descrizione del processo di pianificazione

Questo paragrafo è dedicato alla descrizione del processo di pianificazione e programmazione della produzione attualmente utilizzato in Stuzzità, con l'obiettivo di evidenziare le criticità degli approcci utilizzati.

Come già accennato nel paragrafo 4.5, il MPCS in Stuzzità è strutturato su un solo orizzonte temporale, quello di breve termine. Il piano di produzione giornaliero viene infatti elaborato quotidianamente dal responsabile di pianificazione della produzione che, sulla base degli ordini ricevuti, della data ultima di spedizione, della disponibilità di capacità produttiva e di materiali, definisce gli ordini di produzione, la loro schedulazione e l'organizzazione delle squadre di lavoro.

Il dimensionamento degli ordini di produzione, sia in termini di quantità che in termini di mix, non è guidato da un criterio specifico ma viene realizzato in funzione delle quantità più prossime da evadere e della presenza di scorte di prodotto finito.

Queste vengono monitorate tramite un file Excel, gestito dalla responsabile della logistica, tramite il quale è possibile visualizzare la giacenza e la disponibilità di magazzino. Il file infatti viene aggiornato manualmente ad ogni versamento e ogniqualvolta arrivano degli ordini, in modo da tenere monitorata la disponibilità effettiva (figura 6.1).

	PRODOTTO 8				
24	PRODOTTO 8	30/09/2019	1565	270919	ASSEGNATO CLIENTE X
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1642	091019	ASSEGNATO CLIENTE X
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1642	091019	ASSEGNATO CLIENTE X
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1642	091019	
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1642	091019	
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1642	091019	
24	PRODOTTO 8	11/10/2019	1644	091019	

Figura 6.1: Esempio del file di monitoraggio delle giacenze e delle disponibilità delle scorte di prodotto finito.

Va detto che, non essendoci dei valori di riferimento per i livelli delle scorte, manca di conseguenza un criterio standardizzato che permetta di definire quali giacenze devono essere ripristinate e quali di queste hanno precedenza maggiore.

Il dimensionamento delle squadre di lavoro avviene secondo il seguente schema logico:

- Il numero delle squadre necessarie nei reparti di produzione viene definito in base al tipo di prodotti che devono essere realizzati nella stessa giornata. Ad esempio,

in riferimento alla figura 6.2 si osserva che sono state organizzate quattro squadre per i reparti di produzione. Di queste, tre (rossa, blu e arancione) operano nel reparto di formatura, la quarta invece (verde) opera nel reparto di taglio e confezionamento dei salami al cioccolato. Il numero di risorse per squadra è definito in base al tipo di prodotto e operazione che deve essere realizzata.

- La scelta della composizione di ogni squadra viene fatta sulla base dell'esperienza degli operatori che la compongono, in modo tale che per ogni squadra vi sia almeno una risorsa esperta che svolga il ruolo di caposquadra.
- La determinazione degli orari di inizio e fine turno per ogni squadra viene eseguita in base ai cicli di produzione e in modo da ottimizzare la capacità produttiva disponibile. Ad esempio, sempre in riferimento alla figura 6.2, si ha che l'orario di inizio turno per le squadre di formatura (rossa e blu) è posticipato di mezz'ora rispetto all'orario di inizio turno dell'impastatore. Questo perché il tempo di preparazione medio di un impasto è di circa 30 minuti e quindi in questo modo si ottimizza la capacità produttiva disponibile: ad inizio turno le squadre di formatura non avranno tempi morti di attesa ma potranno iniziare subito a lavorare. Sempre per ottimizzare la capacità produttiva, il turno della squadra arancione (schiacciatura focacce) è posticipato di un'ora rispetto al turno della squadra rossa (formatura focacce), in quanto per iniziare la fase di schiacciatura è necessario attendere che il primo carrello di focacce venga formato e completi la prima fase di lievitazione. Pertanto, a seconda dei prodotti e delle operazioni che devono essere svolte, le varie squadre possono avere orari di inizio e fine turno sfalsati tra di loro.

Quando è necessario aumentare la produttività giornaliera, la giornata lavorativa viene organizzata su due turni: nei reparti coinvolti pertanto la squadra di lavoro del secondo turno inizierà alla fine del turno della prima squadra. Come già detto nel paragrafo 4.1, l'utilizzo dei due turni consecutivi nel reparto formatura dei prodotti da forno implica anche l'utilizzo di due turni nella sala impasti, e nel reparto di lievitazione e cottura, con la conseguente necessità di utilizzare doppio personale anche in questi reparti.

	8.30/ 9,00	9,00/ 9,30	9,30/ 10,00	10,00/ 10,30	10.30/ 11,00	11,00/ 11,30	11,30/ 12,00	12,00/ 12,30	12.30/1 3,00	13,00 13,30	13,30/14 ,00	14,00/ 14,30	14,30/ 15,00	15,00/ 15,30	15,30/ 16,00	16,00/ 16,30	16,30/ 17,00	17,00/ 17,30	17,30/ 18,00
RISORSA 1	IMPASTA										PAUSA								
RISORSA 2		8 PRODOTTO A						PAUSA	6 PRODOTTO C										
RISORSA 3		8 PRODOTTO A						PAUSA	6 PRODOTTO C										
RISORSA 4			TAGLIO SALAMI								PAUSA								
RISORSA 5		21 PRODOTTO B						PAUSA											
RISORSA 6	CONFEZIONAMENTO FOCACCIA									PAUSA									
RISORSA 7			TAGLIO SALAMI								PAUSA								
RISORSA 8			TAGLIO SALAMI								PAUSA								
RISORSA 9		8 PRODOTTO A						PAUSA	6 PRODOTTO C										
RISORSA 10				SCHIACCIATURA FOCACCIA									PAUSA	AIUTO CONFEZIONAMENTO					
RISORSA 11	AVVIO LINEE			AIUTO SCHIACCIATURA															
RISORSA 13	MAGAZZINO								CARICO		PAUSA								
RISORSA 14			TAGLIO SALAMI								PAUSA								
RISORSA 15	CONFEZIONAMENTO FOCACCIA									PAUSA									
RISORSA 16		21 PRODOTTO B						PAUSA											
RISORSA 17				SCHIACCIATURA FOCACCIA									PAUSA	AIUTO CONFEZIONAMENTO					
RISORSA 18	CONFEZIONAMENTO FOCACCIA									PAUSA									
RISORSA 19			SCHIACCIATURA FOCACCIA										PAUSA	AIUTO CONFEZIONAMENTO					

Figura 6.2: Esempio della pianificazione giornaliera: per ogni risorsa sono definiti gli orari di inizio e fine del turno di lavoro e la schedulazione dei lotti di produzione. Le squadre di lavoro sono indicate con gli stessi colori.

L'approccio attualmente utilizzato nel processo di pianificazione della produzione presenta aspetti critici di natura diversa:

- La prima criticità individuata riguarda il ridotto intervallo temporale preso in considerazione per la pianificazione, dal quale derivano due problematiche principali.

La prima problematica riguarda la procedura di pianificazione: il ridotto intervallo di pianificazione infatti va a ridurre i margini di scelta sulle quantità e sui mix di produzione, i quali vengono a dipendere fortemente dai vincoli legati all'evasione degli ordini più prossimi, e non possono essere scelti in funzione dei vincoli del sistema. Ne segue che si realizza una schedulazione complessa, caratterizzata da frequenti cambi di produzione e movimentazioni del personale da un reparto all'altro, con conseguenze pesanti per la capacità produttiva. Questa situazione infatti porta ad un notevole impatto dei tempi di changeover, i quali vanno a ridurre la capacità produttiva disponibile. Il risultato è che per evadere gli ordini bisogna ricorrere ad un elevato numero di ore di straordinari, nonostante il fabbisogno medio settimanale di capacità produttiva sia inferiore rispetto alla capacità disponibile.

La seconda problematica riguarda le difficoltà di coordinamento che si creano tra il sistema di pianificazione della produzione, quello di gestione degli approvvigionamenti e quello di gestione della logistica.

Il ridotto intervallo di pianificazione della produzione non permette di gestire gli approvvigionamenti in maniera efficace. Infatti, la frammentarietà della schedulazione genera consumi dei materiali irregolari, sia in termini di frequenza che di variabilità, che diventano dunque difficili da prevedere e da gestire. Inoltre, diventano più difficili da gestire eventuali ritardi dei fornitori e rotture di stock, in quanto si hanno margini temporali e dunque margini di azione ridotti.

Analogo ragionamento vale per il sistema di gestione della logistica, il quale, come già spiegato nel paragrafo 4.5, ha come obiettivo quello di pianificare in maniera efficiente la logistica outbound dell'azienda, e pertanto necessita di conoscere con quanto più anticipo possibile la pianificazione della produzione, in modo da scegliere in modo ottimale gli orari e i giorni di carico, il tipo e il numero di vettori di trasporto da richiedere.

- La seconda criticità rilevata riguarda invece le procedure e gli strumenti utilizzati per la pianificazione e programmazione della produzione. Mancano infatti delle procedure standardizzate di pianificazione che, introducendo dei criteri di scelta per i lotti di produzione e per l'organizzazione dei turni di lavoro, permettano di snellire e semplificare il processo di pianificazione e allo stesso tempo di pianificare su orizzonti temporali più estesi. Con le procedure attualmente utilizzate infatti il sistema è inefficiente in quanto la pianificazione deve essere ripetuta praticamente ogni giorno, ridefinendo ogni volta lotti di produzione, l'organizzazione dei turni e delle squadre di lavoro. Inoltre, questa risulta essere molto dispendiosa (2 ore di media al giorno), in quanto le soluzioni devono essere trovate in modo da ottimizzare i vincoli presenti che, a causa del ridotto intervallo temporale di pianificazione, diventano sempre più stringenti.

L'obiettivo, come già detto nel paragrafo 4.6, è quello di risolvere queste criticità attraverso un progetto di miglioramento articolato nelle seguenti due fasi:

1. Individuazione di criteri standardizzati che permettano di orientare il dimensionamento dei lotti di produzione e l'organizzazione dei turni di lavoro in modo tale da andare ad ottimizzare la capacità produttiva disponibile
2. Introduzione degli strumenti di pianificazione che permettano contemporaneamente di attuare i criteri standardizzati individuati, di aumentare l'intervallo di pianificazione e snellire il processo di pianificazione stesso

I paragrafi successivi sono dedicati pertanto alle analisi condotte e alle soluzioni a cui si è arrivati per la realizzazione del percorso progettato.

6.2 Impatto dei tempi di changeover

L'obiettivo di questo paragrafo è quello di analizzare ed evidenziare in che modo i tempi di changeover vanno ad impattare sul sistema produttivo riducendone l'efficienza. Nella prima parte del paragrafo verranno introdotte alcune definizioni per una miglior comprensione dell'analisi proposta.

Come spiegato nel paragrafo 5.5, la capacità produttiva teorica disponibile non coincide mai con quella effettiva disponibile, in quanto il sistema di produzione è soggetto a dei fenomeni che vanno a ridurre l'efficienza (figura 6.3).



Figura 6.3: Rappresentazione schematica dei fenomeni che vanno a ridurre la capacità teorica disponibile.

In aziende come Stuzzità, dove la produttività dipende dalla presenza del personale di produzione, si ha che parte della capacità produttiva disponibile viene persa a causa delle assenze dei dipendenti: la mancanza di dipendenti va infatti a ridurre le ore di manodopera disponibili per la produzione. Sulla base del numero medio di assenze settimanali, è stato stimato che in Stuzzità l'assenteismo vada a ridurre del 4% la capacità produttiva teorica disponibile.

Gli altri fenomeni che vanno a ridurre la capacità teorica del sistema produttivo sono legati alla natura del sistema produttivo stesso e danno origine ai cosiddetti “**tempi morti**” (**downtime**). Si parla di downtime quando la capacità produttiva disponibile è occupata da attività non produttive, ossia da attività che non producono valore. Secondo John R. Henry⁹, tra i fenomeni che contribuiscono maggiormente al downtime si hanno, in ordine di importanza:

1. Tempi di changeover
2. Fermi macchina
3. Manutenzione degli impianti
4. Mancanza di personale qualificato
5. Mancanza di prodotti e componenti di qualità

Dunque, per aumentare la capacità produttiva disponibile è necessario intervenire su questi fenomeni in modo da ridurre l'impatto del downtime sul sistema produttivo. Nell'ottica del percorso di miglioramento progettato, assume particolare importanza il tema del “**tempo di changeover**” in quanto, tra quelli citati, è il fenomeno su cui si ha maggiore margine di intervento in sede di pianificazione. Questo è definito come “*l'intervallo temporale necessario per il passaggio dalla produzione dell'ultimo pezzo buono del prodotto tipo A al primo pezzo buono del prodotto tipo B, con il processo produttivo a velocità ed*

⁹ John R. Henry, 2013, *Achieving lean changeover putting SMED to work*, CRC Press, New York.

efficienza normali”. Detto più semplicemente “è il tempo necessario per passare da una buona produzione ad un’altra buona produzione”. In particolare, il tempo di changeover si compone di tre fasi:

- 1) La fase di “**Cleanup**”: comprende tutte le operazioni di rimozione di materiali e di pulizia dei macchinari necessarie per il passaggio alla produzione del lotto successivo.
- 2) La fase di “**Setup**”: comprende tutte le operazioni fisiche e meccaniche necessarie per la riconfigurazione dei macchinari per la produzione del lotto successivo. Queste operazioni riguardano, in alcuni casi, la semplice riconfigurazione di alcuni parametri (regolazione di spessori, dimensioni di taglio, pressioni...), in altri, la sostituzione di interi moduli del macchinario o della linea (spostamento di nastri, inserimento di uno stampo, inserimento di un modulo particolare...). La fase di setup include inoltre tutte quelle operazioni non direttamente collegate alla configurazione del macchinario ma necessarie per il passaggio alla produzione successiva, come ad esempio la preparazione di documentazione particolare, l’approvvigionamento della linea, controllo qualità ecc.
- 3) La fase di “**Startup**”: questa comprende l’arco di tempo che trascorre dal completamento delle operazioni di cleanup e setup fino al funzionamento della linea a velocità ed efficienza normali. Questa fase infatti è caratterizzata da frequenti fermi macchina, aggiustamenti, scarti di produzione e, in generale, da tutti elementi che non permettono il regolare svolgimento dell’attività produttiva.

È fondamentale riuscire ad individuare quello che è l’impatto dei tempi di changeover sul sistema produttivo, il quale può avere conseguenze sia tangibili che intangibili (figura 6.4).

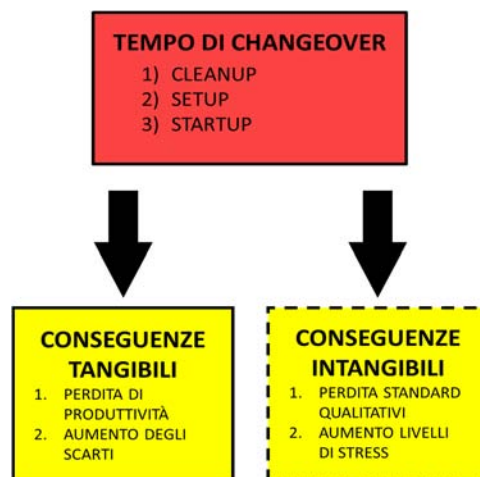


Figura 6.4: Conseguenze del tempo di changeover.

Tra le **conseguenze tangibili** dei tempi di changeover troviamo la perdita di produttività e l’incremento degli scarti di produzione. Si utilizza il termine tangibili in quanto l’impatto di questi fenomeni può essere facilmente individuato e quantificato in termini economici.

La riduzione della produttività è legata al fatto che i tempi morti generati dai changeover occupano parte della capacità produttiva disponibile la quale, invece di

essere utilizzata per la produzione di valore, è occupata o da operazioni di attrezzaggio e sistemazione delle linee, o da produzioni a bassa efficienza dovute legate alla fase di startup che si ha ad ogni cambio di produzione. La perdita di produttività è quantificabile in termini economici, ad esempio andando a valorizzare la produzione persa al costo industriale medio dei prodotti che la linea avrebbe dovuto realizzare nel tempo morto perso.

L'incremento degli scarti di produzione è legato invece alla fase transitoria di startup che si ha ad ogni cambio: infatti, fino a che non si raggiunge l'assestamento dei parametri e delle condizioni produttive, la produzione è caratterizzata da un numero elevato di prodotti non conformi, che pertanto devono essere scartati. A questi scarti, si aggiungono anche quelli che si hanno nella fase di cleanup, durante la quale potrebbe essere necessario eliminare alcuni materiali ancora utilizzabili se la produzione continuasse. Tutti questi scarti generano dei costi che possono diventare particolarmente significativi all'aumentare dei cambi di produzione.

Per quanto riguarda l'altra categoria di conseguenze, queste vengono definite **intangibili** in quanto il loro impatto risulta essere più difficile da individuare e quantificare. Due tra le conseguenze intangibili più significative sono la riduzione degli standard qualitativi e l'aumento dei livelli di stress sul personale di produzione e, più in generale, su tutto il sistema produttivo.

Per comprendere in che modo i tempi di changeover influiscono negativamente sugli standard qualitativi, bisogna considerare la definizione di qualità come "l'assenza di variazione": rispettare gli standard qualitativi pertanto non vuol dire semplicemente realizzare prodotti le cui caratteristiche rispettino i limiti prescritti dalle specifiche di progetto, ma realizzare produzioni standardizzate, con prodotti che risultino l'uno uguale all'altro. La realizzazione di questo obiettivo si traduce nella necessità di avere impianti produttivi efficienti, che lavorino il più possibile a regime regolare. Quando l'impatto dei tempi di changeover diventa significativo viene a meno questa condizione, in quanto il sistema produttivo viene colpito da frequenti variazioni di regime e cambi di parametri produttivi, tutti elementi che ostacolano il raggiungimento di una produzione standardizzata e regolare. L'irregolarità della produzione generata dal changeover è quella che va ad aumentare i livelli di stress sul personale di produzione: un ambiente lavorativo con processi discontinui, e parametri che devono essere continuamente regolati e monitorati, crea insoddisfazione e nervosismo sul personale, con conseguenze sia sull'umore delle persone che sulla performance lavorativa stessa.

Da quanto detto emerge che la riduzione dei tempi di changeover diventa fondamentale per il miglioramento dell'efficienza del sistema produttivo.

Dal momento che i tempi di changeover sono legati alla schedulazione degli ordini di produzione, è necessario individuare un criterio di applicare in sede di pianificazione che permetta di ridurre l'impatto sul sistema produttivo. Preme sottolineare che l'obiettivo dell'analisi che stiamo conducendo è quello di ridurre l'impatto dei cambi di produzione a parità di modalità con cui questi sono condotti. Esiste infatti una tecnica sviluppata in ambito della Lean Production, ossia quella dello SMED (Single Minute Die Exchange), elaborata da Shigeo Shingo tra gli anni '50 e '60, che permette di andare a ridurre l'impatto dei tempi di changeover andando ad introdurre dei miglioramenti nel modo in cui vengono realizzati i cambi di produzione. In questa sede questa possibilità è stata trascurata.

Il primo step per l'individuazione del criterio ottimale di schedulazione è stato quello di analizzare l'impatto dei tempi morti legati ai cambi di produzione quantificandoli

direttamente. Pertanto, nel periodo tra novembre 2019 e gennaio 2020 sono stati raccolti i dati relativi ai tempi e alle dinamiche che si generano quando avviene un cambio di produzione all'interno di uno stesso turno. La tecnica utilizzata per raccogliere questi dati è stata quella del cronometraggio diretto.

In generale, dall'analisi condotta è emerso che i reparti che maggiormente risentono dell'impatto dei tempi di changeover sono quelli produttivi (reparto formatura, reparto farcitura, cella produttiva dei salami) e di confezionamento, mentre per la sala impasti, il reparto di lievitazione e cottura, l'impatto dei cambi di produzione è trascurabile. Questo avviene per due motivi principali:

- Il primo motivo è legato alla natura delle attività e dei macchinari utilizzati in questi reparti.

Per quanto riguarda i reparti produttivi, un cambio di produzione comporta attività di cleanup, setup e startup descritte prima, con i relativi tempi morti connessi. La fase di cleanup comprende:

- Le operazioni produttive di chiusura del lotto di produzione, caratterizzate solitamente da una bassa efficienza produttiva, in quanto prevedono il recupero e la rilavorazione degli scarti di impasto che si sono generati nell'arco della produzione
- Le operazioni di pulizia della linea vere e proprie, in cui i macchinari e la zona di lavoro vengono puliti e vengono portate via le cassette degli scarti di produzione non rilavorabili

Le operazioni di setup invece prevedono sia l'attrezzaggio vero e proprio delle linee, con lo spostamento dei macchinari e di eventuali moduli secondari (nastri motorizzati, mandapasta, macchine dosatrici), sia la preparazione e l'approvvigionamento degli strumenti di lavoro secondari (carrelli e teglie, vaschette per gli scarti, bilance, utensili da taglio e materie prime)

Si tratta di azioni non particolarmente complesse, che però, nel loro complesso, possono generare elevati tempi morti.

Infine, per quanto riguarda il tempo di startup questo è difficile da quantificare e varia notevolmente a seconda dei macchinari coinvolti, dal tipo di cambio di produzione e dell'esperienza della squadra di lavoro.

Passando invece al reparto di confezionamento si ha che in questo caso i cambi di produzione diventano impattanti soprattutto a causa dei tempi di setup, che hanno però natura diversa rispetto a quelli dei reparti di produzione. Infatti, qui i macchinari sono fissi, nel senso che non richiedono regolazioni per il passaggio da una produzione all'altra, e i tempi di setup sono generati dalla serie di operazioni necessarie per il cambio di produzione, tra le quali: gestione delle quantità di prodotto avanzate dal lotto in chiusura, compilazione dei moduli di tracciabilità, preparazione etichette per il nuovo lotto e rifornimento dei materiali di imballaggio.

- Il secondo motivo, riguarda solo i reparti produttivi, ed è legato al modo in cui sono organizzate le risorse produttive stesse. Come spiegato in precedenza, mentre il personale della sala impasti, del reparto lievitazione e cottura, e del reparto confezionamento è sempre fermo nel reparto all'interno di un turno, il personale dei reparti produttivi è organizzato in gruppi di lavoro che, qualora il cambio produzione lo richieda, possono cambiare postazione, aggregarsi o disaggregarsi fra di loro. Questi spostamenti contribuiscono al downtime, andando a sommarsi ai tempi di clean, setup e startup.

Venendo all'analisi quantitativa dei tempi di changeover, l'attenzione è stata focalizzata sui reparti produttivi: le situazioni emerse sono riportate di seguito e riassunte in tabella 6.1:

Tabella 6.1: Risultati dell'analisi dei tempi di changeover nei reparti di produzione. La prima colonna riporta i tempi medi richiesti da un changeover di tipo A: il cambio di produzione avviene con spostamento del personale da una postazione all'altra (il reparto indicato è quello verso il quale si sposta la squadra). La seconda colonna riporta i tempi medi richiesti da un changeover di tipo B: il cambio di produzione avviene all'interno della stessa postazione.

	CHANGEOVER TIPO A	CHANGEOVER TIPO B	
REPARTO	CAMBIO LINEA	STESSA LINEA	
FORMATURA	20 min	CAMBIO GUSTO	changeover nullo
		SETTAGGIO PARAMETRI	5 min
		CHANGEOVER COMPLETO	12 min
FARCITURA	60 min	CLEAN UP	8 min
FORMATURA SALAMI	20 min	CLEAN UP	6 min
TAGLIO E CONFEZIONAMENTO SALAMI	20 min	CLEANUP	6-7 min
		CAMBIO PACKAGING	6-7 min

A. I tempi di changeover maggiori, in accordo con quanto detto prima, si hanno quando sono previsti cambi di linea o di reparto da parte della squadra di lavoro.

In questi casi, per quanto riguarda i reparti di formatura e la cella produttiva dei salami, si ha un tempo medio di changeover di 20 minuti: i tempi di attrezzaggio hanno un impatto del 60%, mentre il restante 40% è occupato dalle operazioni di spostamento del personale, di cleanup e startup. Infatti, si ha che l'attrezzaggio dei macchinari nei reparti di formatura e nella cella dei salami richiede un tempo medio di 12 minuti, il quale può variare a seconda di alcuni fattori come l'esperienza degli operatori che preparano i macchinari o la collocazione iniziale dei moduli e dei macchinari che devono essere spostati, i quali possono portare il tempo di attrezzaggio fino a 18 minuti (valore massimo registrato per un attrezzaggio).

Discorso a parte merita il reparto di farcitura, per il quale il tempo di setup diventa molto più rilevante: questo infatti comprende non solo il tempo di preparazione della linea, che è sempre dell'ordine di grandezza di quello degli altri reparti, ma anche tutte le operazioni di approvvigionamento e preparazione degli ingredienti necessari. Il risultato è che il tempo di set up medio per la linea di farcitura di 50 minuti, il quale può variare a seconda delle quantità e delle tipologie di ingredienti che dovranno essere utilizzati. Non è stato facile quantificare in maniera esatta il tempo di changeover quando ad essere coinvolto è il reparto di farcitura in quanto, poiché quando si verifica

questo tipo di dinamica vi sono sempre uno o più operatori della squadra di farcitura che vengono predisposti per la preparazione della linea prima di essere raggiunti dagli altri componenti della squadra. Tuttavia, sulla base dei dati raccolti, è ragionevole assumere un tempo di changeover di 60 minuti, dei quali l'80% è occupato da operazioni di setup, il restante 20% da operazioni di spostamento del personale, cleanup e startup.

Analizzando i piani di produzione da novembre 2019 a gennaio 2020, è stato rilevato che mediamente ogni giorno si hanno 2 cambi di produzione di questo tipo.

- B. Quando il cambio di produzione avviene sulla stessa linea il tempo di changeover si riduce notevolmente, in quanto non si hanno tempi morti legati allo spostamento del personale da una linea all'altra e, in generale, le operazioni di attrezzaggio e pulizia risultano essere meno impegnative.

Nello specifico, per le attività produttive nella cella dei salami al cioccolato si ha che nella fase di formatura i cambi di produzione prevedono il passaggio da una variante di gusto all'altra. Il tempo medio di changeover in questi casi è quello necessario per lo svolgimento di sole operazioni di cleanup, necessarie per la pulizia dell'impastatrice in modo tale che non vi siano contaminazioni di ingredienti ed ha un impatto medio di 6 minuti.

Nella fase di taglio e confezionamento il cambio produzione può prevedere sia il passaggio da una variante di gusto all'altra, sia il passaggio da un tipo di packaging ad un altro. In questo caso le operazioni necessarie al cambio di produzione comprendono la pulizia della taglierina, sempre per evitare le contaminazioni di ingredienti nel cambio di variante di gusto, e il cambio dei materiali di imballaggio (cambio etichette, cambio vaschette, cambio di cartoni, cambio bancale). Anche in questo caso il tempo di changeover medio è di 6-7 minuti, e rimane lo stesso anche quando vengono cambiati sia la variante di gusto sia il packaging, dal momento che le due operazioni vengono svolte in parallelo da operatori diversi.

Passando invece al reparto di formatura dei prodotti da forno, si ha che le operazioni di cambio prodotto sullo stesso macchinario variano a seconda dei casi:

- La situazione migliore è quella in cui il cambio di produzione consiste nel passaggio da una variante di gusto all'altra dello stesso tipo di prodotto: non manifestano tempi di changeover in quanto, se il cambio viene fatto con la giusta sequenza, non si hanno contaminazioni di ingredienti e pertanto non sono richieste neanche operazioni di cleanup.
- Il caso intermedio è quello in cui il cambio di produzione sulla stessa macchina richiede dei semplici aggiustamenti del setup, come ad esempio la regolazione degli spessori di laminazione o del peso dei semilavorati. In questi casi il tempo di changeover medio registrato è di 5 minuti, che corrisponde ad un 25% di quello medio richiesto per il changeover con spostamento del personale. Anche in questi casi non si registrano tempi di cleanup, in quanto i prodotti che sono coinvolti in questo tipo di dinamica non hanno problematiche di contaminazione di allergeni.
- Il caso peggiore si verifica quando il cambio di produzione sulla stessa linea prevede non solo il settaggio dei parametri produttivi, ma anche la

movimentazione di macchinari. In questi i casi il tempo di changeover aumenta, in quanto aumenta il tempo di setup necessario: è stato registrato un tempo di setup medio di 12 minuti.

Infine, per quanto riguarda il reparto di farcitura, il changeover può consistere sia nel cambio gusto dello stesso tipo prodotto, il quale comporta ad un downtime medio di 8 minuti necessario per cambiare gli ingredienti, sia nel cambio di tipo di prodotto, il quale non comporta tempi di changeover significativi.

Da quanto emerso in generale si può concludere che:

- I changeover di tipo A sono quelli più impattanti in termini di downtime: in questi casi, ogni cambio di produzione causa una perdita di ore di lavoro che incide da un 5% ad un 14%, sulle 7 ore di un turno di produzione.
Sulla base dei dati relativi a 9 settimane di analisi, è stato stimato che i changeover di tipo A abbiano un impatto del 1,5% rispetto alla capacità produttiva teorica settimanale di 720 ore di manodopera
- I changeover di tipo B hanno un impatto minore: in questi casi, ad ogni cambio produzione si ha una perdita di ore di lavoro che incide dal 1% al 3% sulle 7 ore disponibili in un turno.
È stato stimato un impatto dello 0,97% dei tempi di changeover di tipo B sulla capacità produttiva teorica settimanale

Concludiamo questo paragrafo specificando che nella fase di rilevazione dei tempi di changeover si è riscontrata una difficoltà nella rilevazione del tempo di start up. La rilevazione dell'istante in cui la produzione esce dalla fase transitoria iniziale e raggiunge il regime standard regolare, è difficile da effettuare con il metodo della rilevazione diretta e pertanto richiederebbe degli strumenti di acquisizione dati più sofisticati, come le carte di controllo. Con questo tipo di strumento infatti, definito un parametro di riferimento, si può identificare la fase di startup in maniera quantitativa sulla base dei valori assunti dal parametro di riferimento. Nel nostro caso invece la rivelazione non è stata fatta in modo quantitativo sulla base di un parametro specifico, e la fase di startup è stata individuata sulla base di un criterio empirico basato sulla regolarizzazione a livello visivo del flusso produttivo.

6.3 Nuovo modello per la pianificazione della produzione

In questo paragrafo verrà spiegato in che modo i dati relativi ai tempi di changeover uniti alle esigenze di definire, da un lato, un criterio che guidi il dimensionamento dei lotti di produzione, e dall'altro, una procedura standardizzata di programmazione della produzione, abbiano condotto ad un nuovo modello per la gestione del processo di pianificazione.

Inizialmente, i risultati del paragrafo precedente hanno portato ad un criterio di dimensionamento dei lotti di produzione che permette di eliminare completamente il downtime legato ai changeover sia di tipo A che di tipo B. Questo criterio, che chiameremo "criterio di mono produzione", prevede infatti che i lotti di produzione vengano dimensionati come multipli interi dei lotti minimi di produzione, che sono quelli realizzabili in un turno di mono produzione e definiti dalla relazione:

$$Q_{\text{minimo}} = Q_{\text{oraria}} \cdot N^{\circ}_{\text{ore turno}}$$

Dove: - Q_{oraria} è la produttività oraria della linea per il dato prodotto

- $N^{\circ}_{\text{ore turno}}$ è il numero di ore per turno

Il criterio di mono produzione risulta essere ottimale: da un lato permette di ridurre a zero il numero di changeover per turno, in quanto ogni squadra di lavoro deve lavorare un solo prodotto per turno, dall'altro permette di semplificare notevolmente la procedura di pianificazione. Tuttavia, si rivela non fattibile. Infatti, prendendo in considerazione il fabbisogno settimanale medio generato dai 25 articoli candidati alla gestione MTS si può osservare in tabella 6.2 che per la maggior parte di questi prodotti il numero di turni di produzione necessari, su base settimanale, è minore di 1. Il fabbisogno considerato è quello che, in accordo con l'analisi del paragrafo 5.5, ha probabilità di accadimento del 30% e offre un livello di copertura del 50% rispetto alla serie storica dei consumi medi settimanali.

Tabella 6.2: Fabbisogno di capacità produttiva generato dall'ordine settimanale medio degli articoli da gestire con logica MTS nei reparti di produzione.

Prodotto Pane	Frequenza	Ordine settimanale				
		Scatole	Kg	N° impasti	Turni	Ore
PRODOTTO 2	RUNNERS	448,62	3.588,92	23,60	1,40	9,83
PRODOTTO 5	RUNNERS	229,44	1.835,54	13,07	1,18	8,28
PRODOTTO 1	RUNNERS	549,73	1.649,19	18,32	0,87	6,11
PRODOTTO 6	RUNNERS	228,58	1.600,04	11,40	0,68	4,75
PRODOTTO 8	RUNNERS	182,87	1.280,06	8,62	0,51	3,59
PRODOTTO 3	RUNNERS	186,46	1.320,15	8,58	0,51	3,57
PRODOTTO 11	RUNNERS	142,88	1.000,19	6,82	0,49	3,41
PRODOTTO 9	RUNNERS	107,23	759,19	6,59	0,39	2,75
PRODOTTO 15	RUNNERS	100,00	700,00	4,37	0,38	2,69
PRODOTTO 4	RUNNERS	154,62	6.184,62	4,50	0,37	2,62
PRODOTTO 10	RUNNERS	113,77	796,38	5,24	0,37	2,62
PRODOTTO 7	RUNNERS	235,19	470,38	5,23	0,25	1,74
PRODOTTO 27	RUNNERS	45,63	365,08	2,50	0,23	1,59
PRODOTTO 14	RUNNERS	77,75	233,25	1,46	0,21	1,46
PRODOTTO 13	RUNNERS	93,83	562,96	2,09	0,20	1,39
PRODOTTO 19	RUNNERS	73,69	515,85	3,33	0,20	1,39
PRODOTTO 25	RUNNERS	66,15	463,08	3,16	0,19	1,32
PRODOTTO 16	REPEATERS	61,00	183,00	1,15	0,16	1,15
PRODOTTO 21	REPEATERS	56,62	396,31	2,69	0,16	1,12
PRODOTTO 12	RUNNERS	48,50	388,00	2,66	0,16	1,11
PRODOTTO 24	RUNNERS	37,94	151,77	1,14	0,11	0,76
PRODOTTO 18	REPEATERS	32,31	1.550,77	1,63	0,10	0,68
PRODOTTO 20	REPEATERS	43,94	263,65	0,98	0,09	0,65
PRODOTTO 37	RUNNERS	26,65	31,98	0,36	0,02	0,12
PRODOTTO 39	RUNNERS	9,71	29,13	0,32	0,02	0,11

I prodotti in tabella 6.2 sono ordinati in modo decrescente rispetto al numero di ore settimanali richieste nei reparti di formatura per l'evasione della domanda media: si osserva che per i primi due prodotti il fabbisogno settimanale richiede più di un turno di produzione per essere soddisfatto. Questi pertanto, con il criterio ipotizzato, dovrebbero essere realizzati in due turni di mono produzione. Tutti gli altri articoli invece richiedono meno di un turno di produzione per soddisfare il fabbisogno medio settimanale. La conseguenza è che l'utilizzo del criterio individuato genera una gestione

meno efficiente di quella iniziale: se da un lato la produzione monoprodotto permette di annullare l'impatto dei tempi di changeover sulla capacità produttiva, dall'altro genera delle situazioni critiche a livello di pianificazione in cui si hanno prodotti per i quali vi è sovrapproduzione, e altri per i quali non si è in grado di evadere la domanda. Infatti, se si va ad analizzare il carico settimanale generato da una gestione basata sul criterio di mono produzione su tutti i reparti produttivi, si ottiene la situazione descritta in tabella 6.3:

Tabella 6.3: Carico settimanale del sistema produttivo con lotti di produzione dimensionati con il criterio di mono produzione per turno.

	NECESSARIE	DISPONIBILI	UTILIZZO
ORE IMPASTI	122	160	76%
ORE FORMATURA	987	440	224%
ORE CONFEZIONAMENTO	196	120	163%
TOTALE	1.304	720	181%

la capacità produttiva settimanale disponibile non è sufficiente per ruotare la produzione di tutti gli articoli. La situazione che si genera è dunque paradossale: per alcuni articoli si ha una sovrapproduzione, mentre per altri non si riesce ad andare in produzione settimanalmente e dunque ad evadere l'eventuale fabbisogno. Ne segue che ogni settimana bisognerebbe rivedere il dimensionamento e la schedulazione degli ordini di produzione, e dunque si tornerebbe nella situazione di partenza.

Il criterio di mono produzione quindi, pur essendo ottimale nell'ottica della riduzione dei tempi di changeover per turno, si rivela essere infattibile in quanto genera la situazione critica appena descritta.

La non-fattibilità del criterio appena descritto ha portato a rivalutare le variabili da considerare per la definizione di un criterio di dimensionamento dei lotti di produzione: va tenuto conto non solo dell'impatto dei tempi di changeover, fondamentale per poter ottimizzare la capacità produttiva, ma anche della composizione della domanda media settimanale per evitare che si verifichino delle situazioni critiche a livello di pianificazione. Infatti, per trovare un criterio che risulti allo stesso tempo ottimale e fattibile va considerato che il sistema deve restare flessibile, in modo da essere sempre in grado di rispondere alla domanda settimanale. Sulla base di ciò, si è arrivati ad una soluzione che prende ispirazione dal modello Lean del tabellone Heijunka.

Heijunka è il termine giapponese con cui si fa riferimento al livellamento della produzione: questo può essere condotto sia sui volumi che sui mix di produzione, e permette di gestire il sistema produttivo con ritmo regolare e costante. Come già accennato nel paragrafo 4.4, la standardizzazione dei carichi di lavoro è fondamentale in quanto permette di aumentare l'efficienza di tutto il sistema produttivo, e pertanto il livellamento della produzione deve essere un obiettivo che ogni azienda deve perseguire. Il tabellone Heijunka è lo strumento con cui viene applicato il livellamento: come può essere osservato in figura 6.5, si tratta di uno schema che indica la schedulazione da rispettare su un determinato orizzonte temporale in modo tale da rispondere alla domanda di valle. Nell'esempio riportato, la domanda settimanale dei 7 prodotti considerati (A,B,C,D,E,F,G) è stata livellata in termini di mix e volume così da definire la produttività giornaliera da rispettare in modo da soddisfare la domanda settimanale senza sovraccaricare il sistema. Con lo stesso approccio si è arrivati a

definire anche la schedulazione dei vari prodotti all'interno della singola giornata lavorativa: ogni turno è stato suddiviso in bucket temporali da 20 minuti, e per ogni bucket è stato assegnato il tipo di prodotto e le quantità (supposta unitaria) che devono essere realizzate per rispettare la produttività giornaliera. Il modo in cui sono state sequenziate le varie tipologie di prodotti è stato realizzato sia in funzione del mix produttivo che deve essere rispettato, ma anche dei vincoli del sistema produttivo. Con questo metodo quindi, si riesce a gestire in maniera semplice e standardizzata una pianificazione a tre livelli (settimanale, giornaliero, orario) che allo stesso tempo permette di ottimizzare i vincoli a livello produttivo.

	1	2	3	4	5		6	7	8	9		10	11	12	13	14		15	16	17	18
LUNEDI	8.00.00	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	Pausa	10.20.00	10.45.00	11.10.00	11.35.00	Pausa	13.00.00	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	Pausa	15.25.00	15.45.00	16.10.00	16.35.00
	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	10.05.00	Mattina	10.45.00	11.10.00	11.35.00	12.00.00	Pranzo	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	15.05.00	Pomeriggio	15.45.00	16.10.00	16.35.00	17.00.00
A	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X						
B																					
C																X					
D																	X	X			
E																			X		
F																				X	
G																					
MARTEDI	8.00.00	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	Pausa	10.20.00	10.45.00	11.10.00	11.35.00	Pausa	13.00.00	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	Pausa	15.25.00	15.45.00	16.10.00	16.35.00
	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	10.05.00	Mattina	10.45.00	11.10.00	11.35.00	12.00.00	Pranzo	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	15.05.00	Pomeriggio	15.45.00	16.10.00	16.35.00	17.00.00
A	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X						
B																					
C																X					
D																	X	X			
E																			X		
F																				X	
G																					
RCOLEDI	8.00.00	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	Pausa	10.20.00	10.45.00	11.10.00	11.35.00	Pausa	13.00.00	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	Pausa	15.25.00	15.45.00	16.10.00	16.35.00
	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	10.05.00	Mattina	10.45.00	11.10.00	11.35.00	12.00.00	Pranzo	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	15.05.00	Pomeriggio	15.45.00	16.10.00	16.35.00	17.00.00
A	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X						
B																					
C																X					
D																	X	X			
E																			X		
F																				X	
G																					
GIOVEDI	8.00.00	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	Pausa	10.20.00	10.45.00	11.10.00	11.35.00	Pausa	13.00.00	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	Pausa	15.25.00	15.45.00	16.10.00	16.35.00
	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	10.05.00	Mattina	10.45.00	11.10.00	11.35.00	12.00.00	Pranzo	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	15.05.00	Pomeriggio	15.45.00	16.10.00	16.35.00	17.00.00
A	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X						
B																					
C																X					
D																	X	X			
E																			X		
F																				X	
G																					
VENERDI	8.00.00	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	Pausa	10.20.00	10.45.00	11.10.00	11.35.00	Pausa	13.00.00	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	Pausa	15.25.00	15.45.00	16.10.00	16.35.00
	8.25.00	8.50.00	9.15.00	9.40.00	10.05.00	Mattina	10.45.00	11.10.00	11.35.00	12.00.00	Pranzo	13.25.00	13.50.00	14.15.00	14.40.00	15.05.00	Pomeriggio	15.45.00	16.10.00	16.35.00	17.00.00
A	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X						
B																					
C																X					
D																	X	X			
E																			X		
F																				X	
G																					

Figura 6.5: Esempio di livellamento della produzione tramite tabellone Heijunka. Il tabellone è organizzato in righe, dove sono riportate le tipologie di prodotti che devono essere realizzati (A, B, C...), e colonne, le quali individuano dei bucket temporali presi come riferimento per definire la schedulazione giornaliera (in questo caso si hanno bucket temporali da 25 minuti). Per ogni bucket è indicato con una X il tipo di prodotto che deve essere realizzato in quell'intervallo temporale per rispettare il livellamento della produzione progettato in termini di mix e di volume. (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino).

Questo tipo di approccio è stato replicato per ottimizzare il processo di pianificazione in Stuzzità: il livellamento della domanda permette di definire un criterio per il dimensionamento e la schedulazione dei lotti di produzione, mentre con il tabellone Heijunka si introduce uno strumento di pianificazione standardizzato, riutilizzabile e semplice da gestire che permette allo stesso tempo di aumentare l'intervallo di pianificazione.

Passiamo quindi a descrivere le fasi che hanno portato alla realizzazione del tabellone Heijunka per la gestione del processo di pianificazione in Stuzzità.

La prima fase è stata quella di individuazione degli orizzonti temporali di livellamento e di pianificazione: la settimana è stata scelta come intervallo temporale di riferimento. Questa scelta è stata fatta prendendo in considerazione le tempistiche degli ordini cliente che, come spiegato nel paragrafo 4.3, ad eccezione di quelli per i prodotti freschi, hanno tutti cadenza settimanale. Per questo motivo risulta opportuno strutturare l'MPCS su due orizzonti temporali: uno di medio termine che prenda in considerazione come intervallo di pianificazione la settimana, e uno di breve termine che consideri come intervallo di pianificazione il giorno.

Nella seconda fase quindi sono stati considerati i valori della domanda settimanale media per ognuno dei 25 articoli candidati alla gestione MTS e da questi sono state calcolate il numero di ore settimanali richieste nei reparti di formatura. Gli articoli infine sono stati ordinati in modo decrescente rispetto alle ore settimanali ottenendo i risultati in tabella 6.2, i quali sono riassunti in figura 6.6.

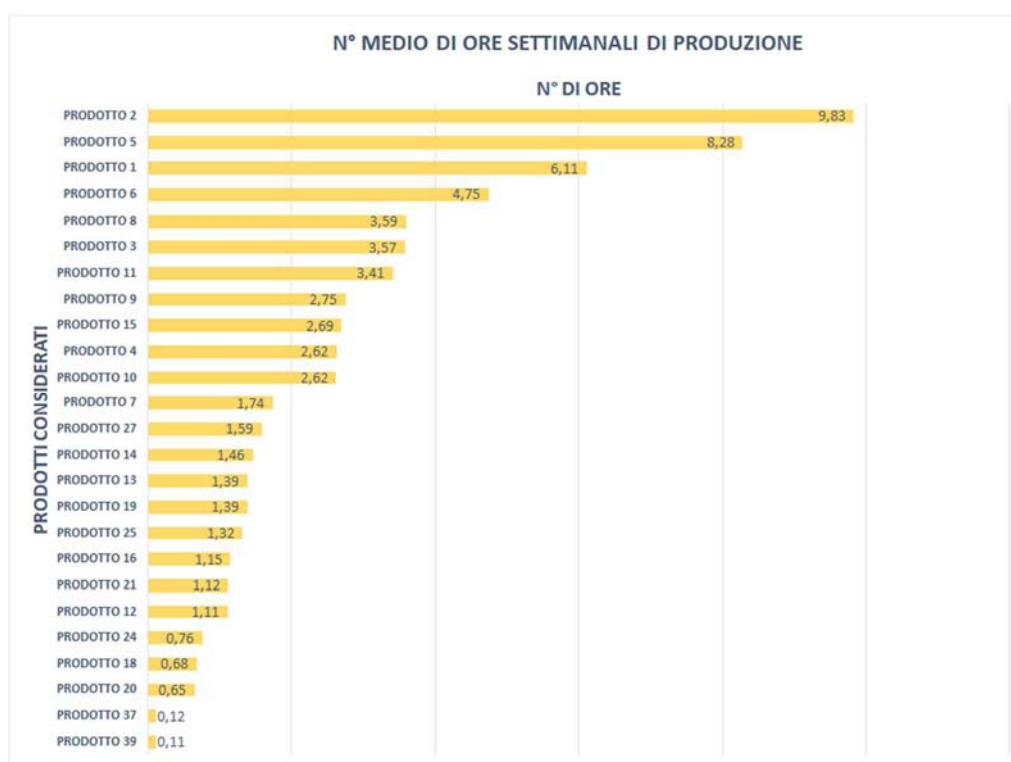


Figura 6.6: Il grafico riporta gli articoli analizzati in ordine decrescente rispetto al numero di ore lavorative settimanali richieste nei reparti produttivi.

In questo modo per ogni articolo si visualizza il numero di ore settimanali richieste per l'evasione della domanda media nei reparti produttivi, che sono quelli più vincolanti dal punto di vista della schedulazione della produzione. Sulla base di questo risultato si è quindi in grado di elaborare uno schema di pianificazione settimanale, la cui fattibilità è già stata verificata nel paragrafo 5.5, dove è stato dimostrato che la domanda media considerata genera una saturazione del 60% della capacità produttiva settimanale disponibile. Inoltre, al di là di alcuni aggiustamenti necessari per far fronte alle

variazioni di mercato, tale schema di pianificazione risulterà anche replicabile nelle varie settimane, dal momento che i valori della domanda media settimanali considerati offrono, sempre secondo quanto visto nel paragrafo 5.5, un livello di copertura del 50% rispetto ai valori storici della domanda media settimanale.

Infine, l'ultima fase è stata quella del livellamento della domanda e della costruzione del tabellone Heijunka. Per ognuno dei 6 giorni lavorativi è stato costruito uno schema analogo a quello di figura 6.7: ogni giornata lavorativa è suddivisa in due turni (intesi come turni consecutivi nello stesso reparto) e per ogni turno sono riportati i reparti di produzione che possono essere attivati. Per ogni reparto è possibile indicare la linea o macchina coinvolta (**LINEA**), il prodotto che deve essere realizzato (**PRODOTTO**), il lotto di produzione quantificato in numero di impasti (**Q**), le ore richieste nella linea (**ORE**), la percentuale di turno occupata dalla realizzazione del prodotto (**TURNI**) e infine il numero di persone della squadra coinvolte nell'operazione (**N°PERSONE**). In basso a sinistra, per ogni giornata, sono riportati due parametri riassuntivi che sono il numero totale di impasti realizzati nella giornata (**QUANTITÀ TOT**) e il numero totale di risorse coinvolte nelle squadre di lavoro definite (**PERSONE TOT**).

GIORNO 1							
	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N° PERSONE
1° TURNO	FORMATURA						
	FARCITURA						
	SALAMI						
2° TURNO	FORMATURA						
	FARCITURA						
	SALAMI						
QUANTITÀ TOT				0			
PERSONE TOT				0			

Figura 6.7: Schema della giornata lavorativa utilizzato per la creazione del tabellone Heijunka.

Lo schema di pianificazione settimanale è stato quindi ottenuto andando ad assegnare, per ogni giornata lavorativa, i vari prodotti agli slot disponibili per ogni reparto di produzione. La fase di assegnazione è avvenuta tramite una procedura empirica iterativa, nella quale sono stati applicati i seguenti 3 criteri:

- A. L'assegnazione dei prodotti agli slot è stata realizzata a partire dai prodotti che richiedono un numero maggiore di ore settimanali di formatura, ossia secondo l'ordine definito in figura 6.6. In questo modo la collocazione dei prodotti nei vari slot risulta più semplice in quanto si hanno maggiori margini di scelta per i prodotti che risultano più vincolanti in virtù del numero maggiore di ore richieste. Risulta ad esempio più semplice concentrare tutto il fabbisogno settimanale di un prodotto all'interno dello stesso turno di lavoro riducendo così il numero di changeover necessari.
- B. Ottimizzazione della capacità produttiva teorica disponibile: l'assegnazione dei prodotti è stata fatta in modo da saturare la capacità produttiva della sala

impasti, il numero di risorse disponibili, e minimizzare l'impatto dei tempi di changeover.

La saturazione della capacità produttiva della sala impasti si ottiene attivando il reparto di formatura dei prodotti da forno con due prodotti in parallelo, che è il numero massimo gestibile dalla sala impasti in parallelo.

La saturazione del numero di risorse disponibili si ottiene andando a combinare i tipi di prodotti da lanciare in produzione in modo che il numero complessivo di persone coinvolte nelle squadre di lavoro sia pari al numero di risorse disponibili.

La minimizzazione del downtime legato ai tempi di changeover si ottiene riducendo i cambi di produzione all'interno dello stesso turno. Questa riduzione si ottiene realizzando "turni monoprodotti", nei casi in cui questa condizione risulti fattibile, sequenziando i lotti di produzione in modo da favorire changeover di tipo B (cambio sulla stessa linea) rispetto a quelli di tipo A (cambio linea o reparto), ed evitando aggregazioni/disaggregazioni delle squadre di lavoro durante lo stesso turno.

- C. Massimizzazione della robustezza dello schema di pianificazione: si è cercato di distribuire il surplus di capacità produttiva settimanale nella maniera più uniforme possibile rispetto ai giorni e alle linee produttive. Così facendo, lo schema di pianificazione che si ottiene risulta essere elastico sia alle variazioni del carico settimanale sia ad eventuali imprevisti che si possono verificare (fermi macchina, ritardi, problemi energetici ...). Con questo approccio si hanno quindi maggiori probabilità che lo schema di pianificazione ottenuto sia replicabile per più settimane senza cambiamenti significativi.

Il risultato del processo di assegnazione è il tabellone Heijunka riportato in figura 6.8. Sono state necessarie diverse iterazioni prima di arrivare alla soluzione finale: dopo una prima assegnazione dei prodotti, eseguita seguendo il criterio generale di collocare i prodotti in ordine decrescente rispetto alle ore di formatura necessarie, è stato necessario rivedere la schedulazione nelle varie giornate e all'interno degli stessi turni, in modo da ottimizzare i cambi di produzione e la saturazione della capacità produttiva disponibile. Va sottolineato che la soluzione trovata non è l'unica possibile, ma è la migliore fra quelle trovate con la procedura iterativa utilizzata.

Per facilitare la lettura dello schema, sono stati utilizzati colori diversi per indicare le varie squadre che operano all'interno della giornata lavorativa. Quando una squadra è assegnata alla realizzazione di più prodotti, il numero di persone coinvolte è stato indicato una sola volta in corrispondenza del primo prodotto realizzato.

Passiamo ora all'analisi della configurazione proposta per le 5 giornate lavorative:

- **GIORNO 1:** la prima giornata lavorativa è organizzata in un solo turno per tutti i reparti coinvolti. Il reparto di formatura dei prodotti da forno è organizzato in modo da saturare la capacità produttiva della sala impasti: vi sono infatti due squadre di lavoro in parallelo.

La prima squadra di 2 persone è dedicata alla realizzazione di 17 impasti di PRODOTTO 2 nella linea SV, mentre la seconda squadra, sempre di 2 persone, è dedicata alla realizzazione di 7 impasti di PRODOTTO 11 nella macchina B4, i quali coprono tutto il fabbisogno settimanale del prodotto.

Vi sono poi altre due squadre che operano nella cella produttiva dei salami al cioccolato: la prima squadra di 3 persone è quella che si occupa della formatura di

un lotto di 15 impasti di salame (i quali soddisfano parte del fabbisogno settimanale complessivo dato dalla somma dei codici PRODOTTO 1, PRODOTTO 7, PRODOTTO 37 e PRODOTTO 39), il cui mix produttivo può variare a seconda delle giacenze della cella dei semilavorati, degli ordini di vendita e delle previsioni per la settimana, mentre la seconda squadra di 4 persone si occupa delle operazioni di taglio e confezionamento. Queste due squadre possono iniziare il turno contemporaneamente o con orari sfalsati a seconda delle esigenze che si possono verificare. Ad esempio, se parte dei filoni che devono essere tagliati e confezionati vengono realizzati nella stessa giornata dalla squadra di formatura, allora le due squadre inizieranno ad orari differenti in modo da garantire l'abbattimento dei filoni di semilavorato che vengono realizzati nella stessa giornata.

Per quanto riguarda la saturazione dei turni, si osserva che alle squadre SV, FORMATURA e TAGLIO sono stati assegnati lotti di produzione che utilizzano tutte le 7 ore disponibili, mentre per la squadra B4 il lotto di produzione va a saturare solo 4 delle 7 ore disponibili. Rimangono pertanto 3 ore di surplus non assegnate.

In riferimento alla riduzione dei tempi morti legati ai changeover, va sottolineato che la schedulazione è stata organizzata in modo che gli unici changeover che si possono verificare sono quelli di tipo B nelle linee di FORMATURA e TAGLIO, qualora vi fosse la necessità di attuare un cambio di gusto o di packaging. Rimane come incognita l'utilizzo del surplus di capacità produttiva della linea B4, il quale impatterà in maniera diversa sui tempi morti a seconda dell'utilizzo che ne verrà fatto.

Riguardo al numero di risorse utilizzate, si osserva che vengono coinvolte tutte le 11 risorse disponibili per i reparti produttivi. Tuttavia, dal momento che si ha un solo turno di formatura, rimangono libere 2 persone (vedi paragrafo 4.1, tabella 4.1), le quali possono essere recuperate per supportare le linee attive per aumentare la produttività se necessario, oppure per svolgere operazioni secondarie di approvvigionamento e preparazione degli ingredienti per i giorni successivi. La presenza di personale non assegnato permette anche di far fronte all'assenteismo settimanale legato ai corsi di formazione, alla malattia e alle ferie.

- **GIORNO 2:** la giornata lavorativa è organizzata sempre su un solo turno. Anche in questo caso la saturazione della sala impasti è saturata, in quanto sono presenti due produzioni in parallelo nel reparto di formatura.

La prima produzione coinvolge una squadra di 3 persone nella linea SF e prevede la formatura delle basi di tutti i prodotti di tipo pizza (PRODOTTO 13, PRODOTTO 24 e PRODOTTO 20) e del PRODOTTO 15. Il lotto produttivo di 5 impasti di basi pizza permette di soddisfare tutto il fabbisogno settimanale medio di questa categoria di prodotti, il quale è seguito da un altro lotto di 5 impasti per soddisfare tutto il fabbisogno settimanale del PRODOTTO 15. Su questa linea rimane 1 ora di surplus di capacità produttiva non assegnata. La scelta di accorpare i quattro prodotti all'interno dello stesso turno di produzione è legata all'ottimizzazione della capacità produttiva disponibile. Infatti, questi prodotti vengono realizzati sulla stessa linea (SF) e richiedono lo stesso numero di persone (3), pertanto, dal momento che il fabbisogno settimanale lo permette, è conveniente concentrare la produzione di questi prodotti tutta in un unico turno. I changeover che si hanno in questi casi hanno un basso impatto sui tempi morti, dal momento che si tratta di changeover di tipo B: il passaggio da una tipologia di

pizza all'altra richiede solo la regolazione degli spessori della macchina (5 minuti), mentre il passaggio al PRODOTTO 15 richiede di riattrezzare la linea con lo spostamento di un modulo (12 minuti), il quale però avviene in loco e senza spostamento del personale.

La seconda produzione coinvolge una squadra di 5 persone nella linea S3 e prevede la formatura delle basi del PRODOTTO 4. Il lotto di 5 impasti permette di soddisfare tutto il fabbisogno settimanale medio e occupa complessivamente 4 ore delle 7 disponibili, lasciando 3 ore di surplus non assegnate.

Infine, l'ultima squadra coinvolge 5 persone nel reparto di farcitura. A questo reparto è stato assegnato un lotto di produzione che corrisponde alla farcitura dei 5 impasti di PRODOTTO 4 realizzati dalla linea S3, il quale va ad occupare 4 ore delle 7 disponibili. Vi sono diverse modalità di utilizzo del surplus di capacità produttiva che rimane, tra le quali ricordiamo la possibilità di farcire parte delle basi pizza realizzate dalla linea SF nello stesso turno, oppure quella di farcire eventuali basi bianche rimaste stoccate come semilavorati abbattuti.

In questo caso viene saturato completamente il numero di risorse produttive disponibili: le squadre di lavoro coinvolgono 13 risorse che sono tutte quelle disponibili quando si organizza la giornata lavorativa su un solo turno.

- **GIORNO 3:** la giornata lavorativa è organizzata su un unico turno, e vede le risorse produttive organizzate in 3 squadre di lavoro.

Due squadre sono coinvolte nelle operazioni nel reparto di formatura dove si hanno due produzioni in parallelo: la prima produzione coinvolge una squadra di 2 persone nella linea SV, per la realizzazione di un lotto di 12 impasti del PRODOTTO 6, i quali permettono di soddisfare tutto il fabbisogno settimanale. Rimangono in questo caso due ore non assegnate.

La seconda produzione coinvolge una squadra di 6 persone su due linee diverse: S3 e SF per la realizzazione di tutto il fabbisogno settimanale di 3 prodotti che sono rispettivamente il PRODOTTO 18 (2 impasti) e i PRODOTTI 14 e 16, varianti di gusto dello stesso articolo (3 impasti totali). È stato deciso di accorpate nello stesso turno queste due tipologie di prodotti, anche se richiedono l'impiego di due linee diverse, in quanto sono gli unici che richiedono una squadra di 6 persone per essere realizzati. Pertanto, visto che il fabbisogno settimanale lo permette, è conveniente concentrarne la produzione nello stesso turno. Con questo approccio da un lato risulta essere più facile la gestione del personale, in quanto si ha un'unica squadra di 6 persone per tutto il turno e non bisogna ricorrere ad aggregazioni o disaggregazioni di squadre ed incastrati complessi, dall'altro si ottimizza la capacità produttiva disponibile, in quanto la squadra rimane aggregata per tutto il turno e quindi non vi sono spostamenti ed incroci con altre squadre che possono portare a tempi morti o all'accumulo di ritardi.

Per quanto riguarda i changeover in questo caso si ha un changeover di tipo A (20 minuti) nel passaggio dalla linea S3 a quella SF, che però è ottimizzato mantenendo la squadra aggregata nello spostamento, e un changeover di tipo B nel passaggio da una variante di gusto all'altra (da PRODOTTO 14 a PRODOTTO 16), legato alle operazioni di pulizia necessarie per evitare contaminazioni di ingredienti (5 minuti).

La terza squadra è composta da 4 persone e viene utilizzata nella linea di TAGLIO della cella produttiva dei salami al cioccolato.

In questo caso il numero di risorse coinvolte è 12: rimane pertanto una risorsa disponibile

		GIORNO 1						GIORNO 2						
	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE
1° TURNO	FORMATURA	SV	PRODOTTO 2	17	7	1	2	FORMATURA	SF	BASI PIZZA	5	3	0,43	3
		B4	PRODOTTO 11	7	4	0,57	2		SF	PRODOTTO 15	5	3	0,43	
	FARCITURA							FARCITURA	S3	PRODOTTO 4	5	4	0,43	5
2° TURNO	SALAMI	FORMATURA	SALAME	15	7	1	3	SALAMI						
		TAGLIO	SALAME	7	1	1	4							
	FORMATURA							FORMATURA						
	QUANTITÀ TOT	39						QUANTITÀ TOT	15					
	PERSONE TOT	11						PERSONE TOT	13					
		GIORNO 3						GIORNO 4						
	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE
1° TURNO	FORMATURA	SV	PRODOTTO 6	12	5	0,71	2	FORMATURA	SF	PRODOTTO A	17	7	1	2
		S3	PRODOTTO 18	2	2	0,29	6		SV	PRODOTTO A	17	7	1	2
	FARCITURA							FARCITURA	B4	PRODOTTO 5	11	7	1	2
2° TURNO	SALAMI	TAGLIO	SALAME	7	1	1	4	SALAMI						
		FORMATURA							FORMATURA	SV	PRODOTTO 21	3	2	0,29
	FARCITURA							FARCITURA	S3	PRODOTTO 25	4	2	0,29	3
	QUANTITÀ TOT	17						QUANTITÀ TOT	52					
	PERSONE TOT	12						PERSONE TOT	11					
		GIORNO 5						GIORNO 6						
	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE	REPARTO	LINEA	PRODOTTO	Q	ORE	TURNI	N°PERSONE
1° TURNO	FORMATURA	B4	PRODOTTO 10	6	3	0,43	2	FORMATURA	B4	PRODOTTO 27	3	2	0,40	2
		SV	PRODOTTO 12	3	1,5	0,29	2		SF	PRODOTTO A	10	5	1,00	2
	FARCITURA							FARCITURA	SV	PRODOTTO A	10	5	1,00	2
2° TURNO	SALAMI							SALAMI	FORMATURA	SALAME	10	3,5	0,7	3
		FORMATURA	B4	PRODOTTO 5	2	1,5	0,21		2	TAGLIO	SALAME	5	1	1
	FARCITURA													
	QUANTITÀ TOT	19						QUANTITÀ TOT	33					
	PERSONE TOT	11						PERSONE TOT	13					

Figura 6.8: Tabellone Heijunka ottenuto.

- **GIORNO 4:** la giornata lavorativa coinvolge solo il reparto di formatura dei prodotti da forno e prevede i due turni consecutivi. Entrambi i turni sono stati organizzati in modo tale da avere due produzioni in parallelo, così da saturare la capacità produttiva della sala impasti.

Nel primo turno, si hanno tre squadre tutte da 2 persone.

Le squadre SF e SV sono coinvolte nella realizzazione di un lotto di 17 impasti per soddisfare parte del fabbisogno settimanale complessivo dei codici PRODOTTO 8, PRODOTTO 3, PRODOTTO 9 e PRODOTTO 19 (varianti di gusto dello stesso tipo prodotto, che indicheremo con PRODOTTO A). I turni delle due squadre partiranno sfalsati in modo tale da permettere il corretto svolgimento del ciclo di produzione. Infatti, dopo la prima parte di formatura nella linea SF, i

semilavorati vengono abbattuti per circa un'ora, prima di passare alla seconda fase di formatura nella linea SV. Il mx produttivo dei 17 impasti realizzati può variare a seconda degli ordini cliente, delle previsioni di vendita e delle giacenze di magazzino, e il passaggio da una variante di gusto all'altra comporta ad un changeover di tipo B che non genera alcun downtime. Infatti, se realizzato nella sequenza corretta, il cambio di produzione da una variante di gusto all'altra non richiede nessuna operazione di changeover.

La squadra B4 è coinvolta invece nella realizzazione di un lotto di 11 impasti di PRODOTTO 5, i quali permettono di soddisfare parte del fabbisogno complessivo settimanale.

Nel secondo turno di produzione sono coinvolte altre due squadre di lavoro

La prima è composta da 2 persone, ed è coinvolta nella linea SV per la realizzazione di un lotto di 3 impasti di PRODOTTO 21, il quale permette di soddisfare tutto il fabbisogno settimanale medio di questo articolo.

La seconda squadra è composta da 3 persone ed è coinvolta nella linea S3 per la realizzazione di un lotto di 4 impasti di PRODOTTO 25, il quale anche in questo caso permette di evadere tutto il fabbisogno settimanale.

Mentre le 7 ore lavorative delle squadre del primo turno sono completamente saturate, nel secondo turno rimane un surplus di 5 ore a squadra.

Le risorse coinvolte in questo caso nei reparti di produzione sono 11 e si realizza la saturazione di tutte le risorse disponibili: vengono utilizzate appunto tutte le 11 risorse disponibili per i reparti di produzione e, con l'attivazione del secondo turno, anche il secondo impastatore e il secondo responsabile del reparto di lievitazione e cottura.

- **GIORNO 5:** anche in questo caso la giornata lavorativa è organizzata su due turni: il secondo turno viene attivato per una sola produzione nel reparto di formatura dei prodotti da forno.

Nel primo turno del reparto di formatura sono coinvolte due squadre, entrambe da 2 persone.

La prima squadra si occupa nella linea B4 della realizzazione di un lotto di 6 impasti di PRODOTTO 10, il quale impegna le risorse per 3 ore e permette di soddisfare tutto il fabbisogno settimanale di questo prodotto.

La seconda squadra è impegnata nella linea SV per la realizzazione di un lotto di 3 impasti di PRODOTTO 12 il quale soddisfa l'intero fabbisogno settimanale, e di un lotto di 8 impasti di PRODOTTO 2, con il quale si risponde completamente al fabbisogno settimanale medio a cui si era in parte già risposto nel GIORNO 1. Il passaggio da un prodotto all'altro avviene con un changeover di tipo B (5 minuti), in quanto il cambio di produzione avviene sulla stessa linea con una semplice correzione dei parametri della macchina.

Nel secondo turno del reparto di formatura vi è una squadra di 2 persone, coinvolta nella linea B4 per completare l'evasione del fabbisogno di PRODOTTO 5 con un lotto di produzione di 2 impasti, che va a completare il lotto di 11 impasti realizzato nel GIORNO 4.

Infine, vi è una squadra di 5 persone coinvolta nel reparto di FARCITURA per la farcitura delle basi bianche di pizza realizzate nel GIORNO 2, o di eventuali semilavorati stoccati nella cella di abbattimento.

In maniera analoga al GIORNO 4, sono coinvolte tutte le risorse disponibili per la produzione. L'unica differenza è che, in questo caso, nel secondo turno di

formatura la saturazione della sala impasti è al 50%, in quanto si ha una sola produzione.

- **GIORNO 6:** questa giornata prevede 5 ore di lavoro, ed è organizzata in un unico turno di produzione per tutti i reparti.
Vi sono 5 squadre coinvolte, per un totale di 13 risorse: si ha quindi la saturazione completa di tutte le risorse disponibili nei reparti produttivi quando si ha un solo turno di produzione.
Nel reparto di formatura dei prodotti da forno sono coinvolte tre squadre. La prima squadra di 2 persone è impiegata nella linea B4 per la realizzazione di un lotto di 3 impasti di PRODOTTO 27, il quale permette di evadere tutta la domanda media settimanale. Le altre due squadre, da 2 persone ciascuna, sono impiegate nelle linee SF e SV per la realizzazione dei lotti rimanenti di PRODOTTO A per l'evasione del fabbisogno settimanale.
Le altre due squadre, di 3 e 4 persone, sono invece coinvolte nelle linee di FORMATURA e TAGLIO nella cella dei salami al cioccolato anche in questo caso per completare il fabbisogno settimanale rimanente.
Tolte le due squadre assegnate al PRODOTTO A, per le altre tre i lotti di produzione assegnati non vanno a saturare le 5 ore di lavoro disponibili, lasciando un surplus di capacità non assegnato.

Riportiamo ora delle considerazioni di carattere generale sulla struttura della tabella Heijunka realizzata:

- La prima considerazione riguarda il modo in cui è stata livellata la domanda. Nel distribuire i turni di produzione dei vari prodotti all'interno dello schema di pianificazione settimanale, si è cercato di distribuire nella maniera più uniforme possibile nelle varie giornate non solo i carichi di lavoro, ma anche l'utilizzo delle linee e il surplus di capacità produttiva. Ad esempio, la linea SV viene attivata in 5 giorni lavorativi su 6, e in 3 di questi con saturazione dei turni inferiore al 75%; la linea B4 invece è attivata in 4 giorni su 6, e in 3 di questi con saturazione inferiore al 60%. In questo modo, non solo si evitano squilibri dei carichi di lavoro all'interno della settimana, ma si rende anche lo schema di pianificazione settimanale più elastico ad eventuali problematiche che si possono verificare durante la settimana. Ad esempio, se nel primo giorno si manifestano dei problemi sulla linea SV che vanno a ridurre la produttività pianificata, questa può essere recuperata, senza modificare radicalmente la pianificazione settimanale, nel giorno 3, dove vi è un surplus di capacità produttiva di 2 ore.
- La seconda considerazione riguarda, nello specifico, le modalità di utilizzo del surplus di capacità produttiva non assegnato rimasto disponibile. La capacità produttiva non assegnata può essere utilizzata per diversi obiettivi: come già dimostrato nell'ultimo esempio del punto precedente, può essere utilizzata per far fronte ad imprevisti, ritardi, fermi macchina e mancanze di energia, ma anche per ripristinare le scorte di prodotto finito, per rispondere alle variazioni di mercato in termini di mix e volume, per la produzione di quei prodotti per i quali l'azienda ha deciso di rispondere con la logica MTO. Il surplus può essere anche utilizzato per attività non produttive ma fondamentali per l'efficienza del sistema produttivo come la manutenzione e la formazione del personale.

- La terza e ultima considerazione infine, riguarda i 2 principali vantaggi introdotti con questo strumento di pianificazione.

Il primo vantaggio riguarda l'ottimizzazione della capacità produttiva, la quale è stata perseguita costruendo lo schema di pianificazione in modo da saturare la capacità della sala impasti e il numero di risorse disponibili, e cercando di ridurre il downtime legato ai cambi di produzione.

Per quanto riguarda la saturazione della capacità della sala impasti si osserva che su un totale di 8 turni di utilizzo, in 7 casi la capacità viene sfruttata al 100% in quanto vengono lanciate due produzioni in parallelo. Invece, analizzando l'utilizzo delle risorse produttive disponibili, si osserva che su 6 giorni lavorativi, in 4 casi si ha un coefficiente di utilizzo del 100%, mentre nei restanti 2 casi il coefficiente di utilizzo è del 92% e del 85%.

Per quanto riguarda il downtime legato ai cambi di produzione, è stato stimato che lo schema di pianificazione proposto permetta di ridurre l'impatto dei cambi di produzione di tipo A dal 1,5% allo 0,3% sulla disponibilità settimanale teorica di capacità produttiva. Questo fatto, oltre a garantire un aumento della produttività settimanale, permette anche di ridurre i livelli di stress sul personale e aumentare gli standard qualitativi, con un conseguente aumento dell'efficienza del sistema produttivo.

Il secondo vantaggio riguarda l'ottimizzazione del processo di pianificazione e programmazione della produzione. Il tabellone Heijunka infatti, per come è stato costruito, permette da un lato di aumentare l'intervallo di pianificazione, dall'altro di standardizzare e snellire la procedura di pianificazione, realizzando di fatto gli obiettivi di miglioramento dichiarati nel paragrafo 6.1.

L'intervallo di pianificazione aumenta in quanto, come visto sopra, lo schema costruito permette una gestione settimanale della produzione (medio termine), identificando in quali giorni verranno realizzati i vari prodotti e la macro-organizzazione delle varie giornate lavorative. Questa condizione è fondamentale poiché permette allo stesso tempo un funzionamento più coordinato ed efficiente dei sistemi di gestione della produzione, degli approvvigionamenti e della logistica. La procedura di pianificazione risulta standardizzata in quanto tramite il livellamento della domanda e la minimizzazione dei tempi changeover sono stati introdotti due criteri rispettivamente per il dimensionamento dei lotti di produzione e per l'organizzazione dei turni di lavoro.

La struttura del tabellone Heijunka invece permette di snellire la procedura di pianificazione rendendola meno dispendiosa: lo schema è stato creato in modo da essere elastico rispetto ad eventuali variazioni delle condizioni al contorno, e dunque replicabile nelle varie settimane senza essere ricalcolato completamente ad ogni pianificazione. Tuttavia, qualora fossero necessarie delle modifiche nella pianificazione settimanale, queste diventano rapide da gestire grazie alla "struttura modulare" della tabella. Infatti, è possibile intervenire sulla pianificazione semplicemente ricombinando la sequenza delle giornate lavorative proposte, oppure replicando più volte la stessa giornata, o ancora scambiando da uno slot all'altro prodotti che richiedono la stessa linea o lo stesso gruppo di lavoro. Diventa pertanto fondamentale testare i vari schemi di pianificazione nelle prime settimane di utilizzo per verificarne il funzionamento ed introdurre eventuali correzioni. Va anche specificato che la struttura della tabella Heijunka deve essere rivista e ridefinita qualora si verificassero delle variazioni significative delle condizioni al contorno (inserimento di nuovi clienti o nuovi prodotti).

Concludiamo il paragrafo con lo schema di figura 6.9, il quale rappresenta in maniera schematica la nuova struttura a due orizzonti temporali che viene ad avere il processo di pianificazione e programmazione della produzione.

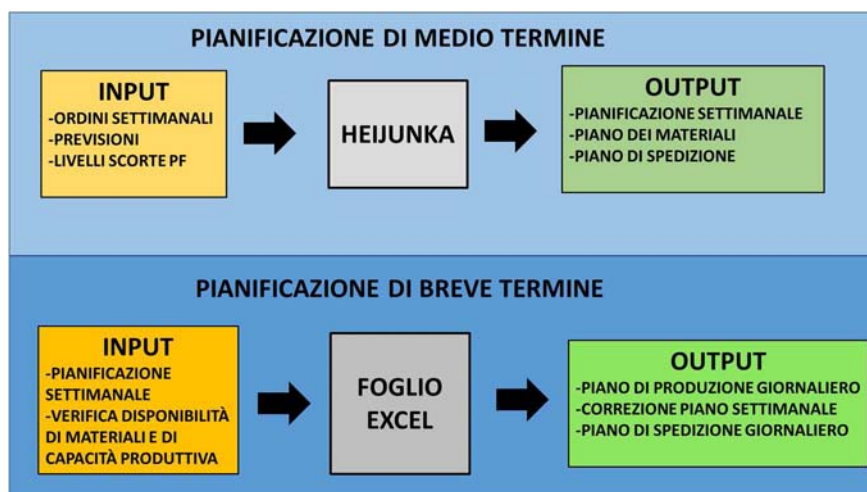


Figura 6.9: Struttura a due orizzonti temporali del processo di pianificazione e programmazione della produzione

La pianificazione di medio termine deve essere gestita settimanalmente: sulla base degli ordini settimanali ricevuti, le previsioni di vendita e i livelli di scorte a magazzino, viene confermato il tabellone Heijunka della settimana, il quale permette di definire la pianificazione settimanale della produzione, dei materiali e della logistica. La pianificazione di breve termine deve essere gestita quotidianamente: verificata la fattibilità di quanto previsto dal piano settimanale, viene elaborato il piano giornaliero tramite il foglio Excel attualmente utilizzato. Sono così definiti gli orari delle squadre di lavoro in tutti i reparti (Sala impasti, Reparti produttivi, Reparto lievitazione e cottura, Confezionamento), la schedulazione dei lotti all'interno della giornata ed eventuali modifiche da introdurre nella pianificazione settimanale.

6.4 Analisi dei lotti economici di produzione

L'obiettivo di questo capitolo è quello di analizzare il sistema produttivo rispetto al tema dell'ottimizzazione dei costi di emissione e di mantenimento. Per fare questa analisi è stato applicato il modello del lotto economico proposto da Harris e descritto nel paragrafo 3.4.

Prima di passare all'applicazione del modello e all'analisi dei risultati ottenuti è opportuno fare una precisazione circa la formulazione che si è deciso di utilizzare. Come spiegato nel paragrafo 3.4, il lotto economico di produzione (EPQ) è dato dall'equazione:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k}{v \cdot i \cdot (1 - \frac{c}{p})}}$$

Quando si considerano i sistemi produttivi bisogna infatti tenere in considerazione che in generale il versamento dei prodotti finiti a magazzino avviene in maniera continua, contestualmente ad un continuo svuotamento della giacenza dovuto all'emissione degli ordini di acquisto. Il risultato è che si genera un profilo temporale della giacenza come quello in figura 3.18, caratterizzato da un tasso di accumulazione e da un tasso di svuotamento. Nel caso di aziende come Stuzzità, si ha che il profilo temporale della giacenza di prodotto finito mantiene un andamento a dente di sega, analogo a quello che si ha per il magazzino materie prime (figura 3.16). Infatti, come spiegato nei paragrafi precedenti, gli ordini di produzione vengono emessi per lotti, i quali si muovono da un reparto all'altro fino al versamento a magazzino. Da un punto di vista matematico questo implica che il valore del rapporto c/p tende a ridursi notevolmente, in quanto la produttività giornaliera p è molto maggiore del consumo giornaliero c . Il risultato è che il coefficiente $(1-c/p)$ può essere assunto in prima approssimazione pari ad 1 senza eccessivi errori e pertanto l'equazione da utilizzare per il calcolo del lotto economico di produzione EPQ diventa analoga a quella del lotto economico di acquisto:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k}{v \cdot i}}$$

In questo caso si ha che:

- D è il valore annuale della domanda per il prodotto considerato
- k è il costo di emissione degli ordini di produzione
- v è il costo industriale dei prodotti considerati
- i è il tasso annuo di mantenimento delle scorte

Quindi, individuato il modello più corretto da applicare, sono stati determinati i valori dei vari parametri per ognuno degli articoli presenti nel catalogo di Stuzzità:

- Il valore della domanda annuale media D è stato ricavato a partire da risultati dell'analisi statistica della domanda descritta nel paragrafo 5.3: dunque per

ognuno dei prodotti considerati è stata determinata la domanda media su base annua in Kg, facendo riferimento ai dati del 2019.

- Il costo di emissione degli ordini k è stato determinato prendendo in considerazione le due principali componenti di costo che si manifestano ogniqualvolta viene emesso un ordine di produzione. Queste sono il costo di preparazione dell'ordine di produzione e il costo di setup delle linee e dei macchinari nei reparti di produzione e confezionamento.

Il costo di preparazione dell'ordine è stato stimato ribaltando il costo medio di tutte le operazioni quotidianamente svolte per la realizzazione del piano di produzione sul numero di ordini di produzione mediamente emessi. Quindi, con un costo complessivo medio di 40€ (2 ore di pianificazione al giorno con un costo orario di 20€/h) e un numero medio di 9 ordini di produzione emessi, ne deriva un costo medio di emissione di 4,5€ a ordine.

Per quanto riguarda il costo associato al setup dei macchinari nei vari reparti si ha che questo varia a seconda del tipo di prodotto considerato: per i prodotti con minori tempi di preparazione si aggira attorno ai 20€, mentre per i prodotti farciti che richiedono tempi di preparazione maggiori il valore medio sale a 75 €. I valori riportati sono stati ottenuti valorizzando al costo orario della manodopera il tempo medio di attrezzaggio. Risulta pertanto che per i prodotti più semplici il costo di emissione dell'ordine ha un valore medio di 25€ mentre per i prodotti farciti il valore medio è di 80€.

- Per quanto riguarda il costo industriale dei vari prodotti, questo è stato calcolato come la somma dei costi diretti e indiretti di produzione.

Fra i costi diretti di produzione sono stati considerati tutti quei costi legati alla produzione che sono imputabili ai prodotti secondo criteri di ripartizione oggettivi.

Nel caso di Stuzzità nei costi diretti di produzione rientrano il costo delle materie prime e il costo delle manodopera nei reparti produttivi.

La quota dei costi legati alle materie prime è stata determinata andando a valorizzare le ricette (ossia le distinte base) al costo medio di acquisto delle materie prime rilevato dalle fatture dei fornitori del 2019, considerando sia gli ingredienti che i materiali di imballaggio. In questo modo è stato definito un "costo al Kg" legato alle materie prime.

La quota dei costi legati alla manodopera diretta è stata determinata andando a valorizzare le ore di manodopera teoriche necessarie al costo medio orario della manodopera. Si parla di "ore teoriche" in quanto sono quelle previste dai cicli di produzione. In maniera analoga a quanto fatto per i costi legati alle materie prime, è stato definito un "costo al Kg" della manodopera.

Sommando le due componenti di costo così definite, è stato determinato il costo diretto al Kg per ognuno degli articoli considerati. Per la realizzazione dei calcoli descritti sono stati utilizzati fogli di calcolo Excel appositamente progettati, di cui si riportano degli estratti in figura 6.10 e 6.11:

Prodotto	COSTO AL KG INGREDIENTI	COSTO KG IMBALLAGGIO	COSTO KG MATERIE PRIME
PRODOTTO 21	€ 0,74	€ 0,10	€ 0,84
PRODOTTO 35	€ 0,31	€ 0,10	€ 0,40
PRODOTTO 10	€ 0,38	€ 0,10	€ 0,48
PRODOTTO 8	€ 0,45	€ 0,10	€ 0,54
PRODOTTO 19	€ 0,49	€ 0,10	€ 0,59
PRODOTTO 9	€ 0,62	€ 0,10	€ 0,71
PRODOTTO 3	€ 0,52	€ 0,10	€ 0,62

Figura 6.10: Estratto del foglio di calcolo Excel utilizzato per la determinazione dei costi delle materie prime al Kg.

Prodotto			
	minuti totali ad impasto	minuti al Kg	costo manodopera al Kg
PRODOTTO 8	150,36	0,91	€ 0,15
PRODOTTO 19	151,86	0,88	€ 0,15
PRODOTTO 9	142,12	1,11	€ 0,19
PRODOTTO 3	151,23	0,88	€ 0,15
PRODOTTO 45	113,84	0,75	€ 0,13

Figura 6.11: Estratto del foglio Excel utilizzato per il calcolo del costo della manodopera al Kg.

Fra i costi indiretti di produzione sono invece stati considerati tutti quei costi di produzione non imputabili ai prodotti con criteri di ripartizione oggettivi. I costi indiretti di produzione comprendono sia costi di impianto (energia, manutenzione, ammortamenti, leasing) sia i costi relativi alla manodopera indiretta (personale del reparto lievitazione e cottura, personale pulizie, magazziniere). Per l'imputazione dei costi indiretti di produzione sui prodotti si è deciso di utilizzare come base di riparto la quantità in Kg di prodotti realizzati nel periodo a cui fanno riferimento i costi indiretti considerati. Questa scelta deriva dal fatto che, dal punto di vista dell'impiego dei macchinari e dell'utilizzo delle risorse energetiche, tutti i prodotti hanno un impatto analogo. Dunque, è stato definito un "costo indiretto al Kg", uguale per tutti i prodotti, dividendo il totale dei costi indiretti per il totale dei Kg di prodotti realizzati nel periodo considerato, che va da gennaio a ottobre 2019. Un estratto del foglio di calcolo utilizzato per l'analisi dei costi indiretti di produzione è riportato in figura 6.12:

VOCE CONTO ECONOMICO	VALORE	COSTI DI MANODOPERA INDIRETTA	VALORE
Materiali manutenzione impianti e macchinari	€ 285,28	Magazzino e forni	3
Materiali manutenzione totalmente deducibili	€ 8.245,87	Pulizie	2
Acquisto beni strumentali	€ 372,96	Costo orario	€ 10,00
Energia elettrica	€ 81.944,20	Monte ore gennaio ottobre	1727
Acqua potabile	€ 8.490,20	TOTALE MAGAZZINO E FORNI	€ 51.810,00
Gas	€ 12.752,07	TOTALE PULIZIE	€ 34.540,00
Spese manutenzione impianti e macchinari prop	€ 16.319,98		
Spese manutenzione attrezzature proprie	€ 5.285,36		
Spese manutenzione impianti e macchinari di ter	€ 1.790,00		
Ammortamenti	€ 50.000,00		
Canoni leasig impianti e macchinari	€ 31.298,48		
TOTALE COSTI DI PRODUZIONE	€ 216.784,40		
	COEFFICIENTI KG	COSTI INDIRETTI	KG TOTALI
PRODOTTO 21	0,02	€ 5.453,44	18.032,00
PRODOTTO 35	0,01	€ 2.900,32	9.590,00
PRODOTTO 10	0,04	€ 10.745,99	35.532,00
PRODOTTO 8	0,06	€ 16.980,61	56.147,00
PRODOTTO 19	0,03	€ 7.909,18	26.152,00
PRODOTTO 9	0,04	€ 11.331,30	37.467,36
PRODOTTO 35	0,06	€ 18.037,58	59.641,92
PRODOTTO 45	0,00	€ 1.102,79	3.646,40
PRODOTTO 6	0,07	€ 21.195,60	70.084,00
			COSTI INDIRETTI AL KG
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30
			€ 0,30

Figura 6.12: Estratto del foglio di calcolo utilizzato per la determinazione del costo indiretto al Kg.

I costi diretti e indiretti ottenuti sono stati infine sommati, in modo da determinare il costo industriale al Kg per ognuno dei prodotti considerati (figura 6.13).

Prodotto	COSTO AL KG MATERIE PRIME	COSTO AL KG MANODOPERA	COSTO AL KG INDIRETTO	COSTO INDUSTRIALE AL KG
PRODOTTO 21	€ 0,84	€ 0,12	€ 0,30	€ 1,26
PRODOTTO 35	€ 0,40	€ 0,11	€ 0,30	€ 0,82
PRODOTTO 10	€ 0,48	€ 0,12	€ 0,30	€ 0,90
PRODOTTO 8	€ 0,54	€ 0,15	€ 0,30	€ 0,99
PRODOTTO 19	€ 0,59	€ 0,15	€ 0,30	€ 1,04
PRODOTTO 9	€ 0,71	€ 0,19	€ 0,30	€ 1,20
PRODOTTO 3	€ 0,62	€ 0,15	€ 0,30	€ 1,07

Figura 6.13: Risultato della determinazione del costo industriale al Kg per alcuni degli articoli considerati.

- Infine, per il calcolo del tasso annuo di mantenimento delle scorte è stato applicato il seguente modello di calcolo: come spiegato nei paragrafi precedenti l'azienda si appoggia ad una società esterna per lo stoccaggio dei prodotti finiti, il cui servizio viene pagato mensilmente. Il canone mensile rappresenta pertanto il costo di mantenimento delle scorte, dal momento che non vengono sostenuti altri costi significativi per la gestione delle scorte di prodotto finito. Per valutare il valore dell'indice i è stato confrontato il costo mensile del magazzino con il valore industriale totale versato a magazzino nello stesso mese.

In formule:

$$i = \frac{C_{mensile\ magazzino}}{Q_{valore}}$$

Dove:

- Q_{valore} è il valore industriale complessivo versato a magazzino nel mese
- $C_{mensile\ magazzino}$ è il canone mensile per l'utilizzo del magazzino esterno

Questa analisi è stata condotta per i mesi di agosto, settembre e ottobre, rivelando dei valori degli indici i rispettivamente del 13%, 12% e 11%. Dal momento che il numero di mesi analizzati è ridotto, allora per fare un ragionamento in vantaggio di sicurezza è stato assunto come valore del tasso annuo di mantenimento delle scorte un valore del 13%, ossia il maggiore fra quelli rilevati. Questo valore è in linea con i valori riportati in letteratura.

Determinati i valori dei vari parametri, il modello del EPQ è stato applicato tramite un foglio di calcolo Excel a tutti gli articoli attualmente in produzione, ottenendo i risultati riportati in tabella 6.4. Il calcolo dei lotti economici di produzione è stato fatto in Kg ed è poi stato ricondotto all'unità "N° di impasti" (**Impasti**) per facilitarne la lettura. Oltre al calcolo dei lotti economici, sono stati calcolati una serie di altri parametri importanti per comprendere meglio i risultati dell'analisi ottenuta: il primo parametro è il numero di turni di mono produzione nel reparto di formatura necessari per la realizzazione del lotto economico di produzione (**Turni**); il secondo parametro è la domanda media settimanale in unità impasti (voce **Impasti** nella colonna "D settimanale"); infine l'ultimo parametro è l'indice di copertura settimanale (**IC**) associato alla quantità definita dai lotti economici di produzione.

Tabella 6.4: Risultato dell'applicazione del modello del lotto economico di produzione.

Articolo	D annua	C Industriale	Tasso di costo annuo	Costo di ordinazione	EOP		D settimanale	Copertura
	Kg	€/Kg	i	K	Impasti	Turni	Impasti	IC
PRODOTTO 1	101.496	€ 3,12	0,13	€ 24,18	109	5,2	19	7
PRODOTTO 2	187.968	€ 0,86	0,13	€ 15,08	36	2,2	24	2
PRODOTTO 3	70.007	€ 1,07	0,13	€ 27,23	33	1,9	9	4
PRODOTTO 4	49.100	€ 1,40	0,13	€ 83,07	56	4,7	5	12
PRODOTTO 5	96.408	€ 0,85	0,13	€ 16,42	29	2,6	13	2
PRODOTTO 6	85.386	€ 0,76	0,13	€ 15,08	25	1,5	11	2
PRODOTTO 7	29.230	€ 3,39	0,13	€ 27,57	65	3,1	6	14
PRODOTTO 8	66.899	€ 0,99	0,13	€ 27,23	32	1,9	9	4
PRODOTTO 9	39.648	€ 1,20	0,13	€ 27,23	35	2,1	7	6
PRODOTTO 10	41.748	€ 0,90	0,13	€ 16,42	18	1,3	5	4
PRODOTTO 11	52.010	€ 0,91	0,13	€ 16,42	21	1,5	7	3
PRODOTTO 12	20.560	€ 2,11	0,13	€ 15,08	20	1,2	3	8
PRODOTTO 13	27.692	€ 2,47	0,13	€ 80,80	55	5,2	3	22
PRODOTTO 14	14.094	€ 2,15	0,13	€ 43,33	25	3,6	1	19
PRODOTTO 15	36.568	€ 0,92	0,13	€ 22,80	19	1,7	4	5
PRODOTTO 16	11.460	€ 2,87	0,13	€ 43,33	26	3,8	1	26
PRODOTTO 17	12.872	€ 1,77	0,13	€ 73,08	27	1,6	1	21
PRODOTTO 18	12.480	€ 2,39	0,13	€ 33,45	35	2,1	2	20
PRODOTTO 19	26.992	€ 1,04	0,13	€ 27,23	20	1,2	3	7
PRODOTTO 20	14.563	€ 3,30	0,13	€ 80,80	46	4,4	2	32
PRODOTTO 21	20.608	€ 1,26	0,13	€ 23,47	19	1,1	3	8
PRODOTTO 22	8.141	€ 3,33	0,13	€ 27,57	34	1,6	1	25
PRODOTTO 23	9.312	€ 3,79	0,13	€ 27,57	39	1,8	2	25
PRODOTTO 24	12.070	€ 3,74	0,13	€ 80,80	67	6,4	2	39
PRODOTTO 25	24.248	€ 0,91	0,13	€ 19,30	16	0,9	3	6
PRODOTTO 26	19.695	€ 0,96	0,13	€ 16,42	13	1,2	3	6
PRODOTTO 27	19.368	€ 0,92	0,13	€ 16,42	13	1,2	3	6
PRODOTTO 28	4.944	€ 1,52	0,13	€ 22,80	15	0,9	1	17
PRODOTTO 29	16.800	€ 0,89	0,13	€ 16,42	12	1,1	2	6
PRODOTTO 31	5.170	€ 3,22	0,13	€ 80,80	27	2,6	1	53
PRODOTTO 35	12.285	€ 0,82	0,13	€ 15,08	9	0,5	2	6
PRODOTTO 36	7.696	€ 0,96	0,13	€ 22,80	9	0,8	1	11
PRODOTTO 37	2.005	€ 3,79	0,13	€ 24,18	17	0,8	0,4	53
PRODOTTO 39	786	€ 3,19	0,13	€ 24,18	10	0,5	0,3	33
PRODOTTO 42	2.169	€ 2,79	0,13	€ 80,80	16	1,6	0,2	75
PRODOTTO 44	2.800	€ 1,33	0,13	€ 25,07	6	0,6	0,4	16
PRODOTTO 45	2.275	€ 0,94	0,13	€ 19,30	5	0,3	0,3	18
PRODOTTO 48	1.784	€ 0,95	0,13	€ 22,80	4	0,4	0,2	22
PRODOTTO 49	1.044	€ 3,52	0,13	€ 80,80	13	1,2	0,1	134
PRODOTTO 50	500	€ 2,09	0,13	€ 80,80	7	0,6	0,0	168
PRODOTTO 51	1.400	€ 0,94	0,13	€ 19,30	4	0,2	0,2	23
PRODOTTO 53	1.764	€ 1,03	0,13	€ 19,30	6	0,4	0,3	22
PRODOTTO 54	679	€ 2,72	0,13	€ 80,80	9	0,9	0,1	144
PRODOTTO 55	672	€ 1,72	0,13	€ 15,08	5	0,4	0,1	40
PRODOTTO 63	365	€ 2,81	0,13	€ 80,80	7	0,6	0,0	215
PRODOTTO 69	600	€ 1,27	0,13	€ 15,08	3	0,2	0,1	55

In generale quello che emerge dall'analisi della tabella 6.4 è che i lotti di produzione medi necessari per evadere la domanda settimanale, che sono analoghi a quelli utilizzati nella definizione del tabellone Heijunka del paragrafo precedente, sono più piccoli rispetto ai lotti economici di produzione calcolati. Questo vuol dire che il costo totale associato agli ordini risulta essere maggiore di quello minimo che si avrebbe nella condizione di EPQ. In particolare, si ha che la componente di costo legata all'emissione è maggiore di quella legata al mantenimento. Questo fatto può essere meglio compreso osservando il grafico di figura 6.14, dove si vede che la gestione attuale si trova "a sinistra della condizione di EPQ".

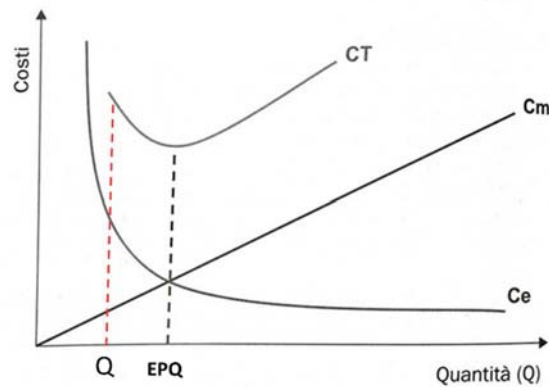


Figura 6.14: Confronto grafico della situazione di gestione attuale rispetto alla condizione ottimale individuata dal EPQ.

Entrando più nello specifico nell'analisi dei risultati, si osserva che su un totale di 46 articoli, 3 sono quelli che più si avvicinano alla condizione di produzione economica: **PRODOTTO 2**, **PRODOTTO 5** e **PRODOTTO 6**. Per questi la dimensione del lotto medio di produzione indicato nel Heijunka è rispettivamente il 65%, 45% e 46% della dimensione prescritta dal EPQ. Per altri 13 articoli la dimensione del lotto medio di produzione oscilla tra il 17% e il 32% rispetto a quella del lotto economico di produzione, mentre per i restanti 30 articoli la dimensione è inferiore al 14%.

Va detto che la condizione di EPQ può essere realizzata aumentando la dimensione dei lotti di produzione. Tuttavia, i lotti economici di produzione non possono diventare i lotti di produzione standard con cui definire gli ordini di produzione. Infatti, questo tipo di approccio da un lato porterebbe ad una sovrapproduzione eccessiva e, dall'altro, richiederebbe un numero di turni troppo elevato il quale non permetterebbe la rotazione settimanale delle produzioni di tutti i prodotti da realizzare.

A tal proposito è importante fare un'osservazione sul modo in cui devono essere considerati i risultati del modello del lotto economico. Come spiegato nel paragrafo 3.4, questo poggia su alcune ipotesi che semplificano notevolmente le condizioni operative dei sistemi produttivi. Fra queste ricordiamo ad esempio il fatto che la domanda annuale dei prodotti viene assunta nota e costante nel tempo. Pertanto, le soluzioni che si ottengono non devono essere considerate come condizione assoluta da realizzare per l'ottimizzazione del sistema di gestione, ma come dei punti di riferimento per orientare le scelte di miglioramento rispetto alla condizione attuale. A tal proposito va detto che la dimensione dei lotti di produzione è la variabile su cui si hanno maggiori possibilità di intervento, ma non è l'unica su cui si può agire. Infatti, se si guarda ai parametri che entrano in gioco nel modello del EPQ si nota che per i valori di k , v e i si hanno effettivamente possibilità di intervento, anche se con margini diversi a seconda del parametro considerato. Ad esempio, andando a ridurre il tempo necessario per l'emissione degli ordini di produzione e per la realizzazione degli attrezzaggi, è possibile ridurre il valore del costo di emissione k . Nel caso di Stuzzità è possibile intervenire anche sul valore di i : come già spiegato in precedenza, l'azienda si appoggia ad una società esterna per la gestione del magazzino prodotto finito, il cui canone mensile va ad incidere sul tasso di mantenimento delle scorte. È possibile quindi intervenire su questo parametro con accordi commerciali che permettano di ridurre il canone mensile di utilizzo, o trovando altre soluzioni meno onerose.

Quindi, intervenendo su questi parametri accade che il valore del EPQ cambia, e si sposta così la posizione della condizione ottimale dal punto di vista economico. Osservando il problema da questa prospettiva si ha una visione più completa sulle possibilità di intervento che effettivamente si hanno per rendere la gestione attuale più conveniente da un punto di vista economico.

7. Analisi del sistema di gestione delle materie prime

Questo capitolo è dedicato all'analisi del sistema di gestione delle materie prime utilizzato in Stuzzità. L'obiettivo dell'analisi è duplice: da un lato si vuole quantificare l'impatto economico della gestione attuale e caratterizzare i consumi dei codici d'acquisto in modo da individuare le logiche di gestione ottimali, dall'altro introdurre un sistema di gestione dei materiali informatizzato. Il paragrafo 7.1 è dedicato alla descrizione del sistema di gestione dei materiali e all'analisi delle sue criticità, nei paragrafi 7.2 e 7.3 in vengono analizzati l'impatto economico della gestione e le caratteristiche di consumo dei vari materiali, seguono i paragrafi 7.4 e 7.5 dove viene proposta una revisione delle logiche e dei parametri di gestione. Infine, nel paragrafo 7.6 è descritta la procedura di gestione informatizzata progettata.

7.1 Il sistema di gestione delle materie prime in Stuzzità

L'obiettivo di questo paragrafo è quello di descrivere la struttura e il funzionamento del sistema di gestione dei materiali in Stuzzità.

I codici di acquisto utilizzati sono circa 90 e comprendono sia materie prime utilizzate come ingredienti per la produzione, sia materiali di imballaggio. Anche in questo contesto è fondamentale prendere in considerazione il tema della deperibilità: le materie prime, essendo prodotti alimentari, hanno una data utile di utilizzo al momento della consegna che deve essere presa in considerazione per la scelta dei parametri gestionali. La vita utile cambia a seconda della tipologia di ingredienti: vi sono prodotti come lo zucchero e il sale che hanno una vita utile di qualche anno, prodotti come le farine e gli affettati che hanno vita utile che va dai 3 ai 6 mesi, e infine prodotti freschi come le uova, la ricotta e la mozzarella che hanno vita utile ridotta che va dalle 2 settimane al mese. Diventa dunque fondamentale, soprattutto per i prodotti freschi, scegliere in modo corretto i parametri di gestione per evitare di incorrere in costi legati al deperimento dei materiali.

Per quanto riguarda le classi di sistemi di gestione, principalmente viene utilizzato il sistema di gestione a scorta al quale, in alcuni casi, si affianca il sistema di gestione a fabbisogno.

La gestione a scorta viene applicata per la maggior parte dei materiali, e viene gestita con la tecnica del punto di riordino basata sulla scorta fisica. Non sono attive procedure informatizzate di controllo, e la giacenza viene monitorata quotidianamente tramite controllo inventariale, svolto manualmente dal magazziniere tramite un foglio cartaceo opportunamente progettato. Quindi, i livelli di giacenza vengono confrontati con i livelli di riordino definiti e vengono emessi gli ordini di acquisto per i materiali con giacenza sotto il punto di riordino. Vi sono infine degli ingredienti, quelli utilizzati solo per i prodotti con frequenza d'ordine bassa, che vengono gestiti a fabbisogno: una volta ricevuto l'ordine del cliente, viene definita la dimensione del lotto di produzione necessaria per l'evasione dell'ordinato. Sulla base del lotto così definito, tramite le dosi della ricetta (che fa le veci della distinta base) vengono definite le quantità necessarie di ingredienti. Questo "fabbisogno lordo di ingredienti" viene confrontato con le quantità disponibili a magazzino, andando a quantificare il "fabbisogno netto" sulla base del quale saranno definite le quantità di riordino.

Anche in questo caso, l'intero processo di calcolo dei fabbisogni non è svolto tramite procedure informatizzate, ma manualmente dalle funzioni preposte che di fatto seguono lo stesso schema di calcolo della procedura MRP.

Per quanto riguarda i prelievi giornalieri di materiale, questi non sono gestiti tramite liste di prelievo, e l'approvvigionamento quotidiano dei reparti viene gestito in parte dal magazziniere e in parte dagli operatori che, sulla base di quanto previsto dal piano di produzione, prelevano dai magazzini le quantità di materiali necessarie per le varie produzioni.

Gli approcci appena descritti, sia in termini di metodo sia in termini di strumenti, pur essendo molto semplici, risultano funzionali rispetto al sistema di gestione: sia il numero di codici di acquisto sia il numero dei prelievi giornalieri sono limitati ed inoltre le distinte base dei prodotti sono molto semplici, pertanto il controllo dei livelli di magazzino e il calcolo dei fabbisogni vengono svolti manualmente senza difficoltà.

Tuttavia, sono presenti una serie di criticità che, se risolte, permetterebbero di aumentare notevolmente l'efficienza del sistema sia in termini economici sia in termini di livello di servizio:

- La prima criticità rilevata riguarda il criterio con cui è stata scelta la classe di sistema di gestione da utilizzare: questo infatti guarda solo alla frequenza di riordino, ma non considera altre variabili critiche, fra le quali la variabilità del consumo e il valore d'impiego. Questo tipo di approccio non permette di ottimizzare i costi di gestione, in particolare i costi di mantenimento delle scorte, per le ragioni spiegate nel paragrafo 3.3.6.
- La seconda criticità rilevata riguarda invece il modo in cui viene applicata la tecnica del punto di riordino. Come già spiegato, la gestione a scorta viene applicata considerando i valori della scorta fisica presente a magazzino, la quale viene monitorata quotidianamente tramite controllo inventariale. Le quantità rilevate al momento del controllo vengono dunque utilizzate per valutare l'emissione degli ordini di acquisto. Tuttavia, la giacenza fisica così rilevata molto spesso non coincide con la disponibilità giornaliera, ossia con le quantità di materiale effettivamente disponibili per le produzioni successive. Infatti, per esigenze legate alle tempistiche di riordino ai fornitori, il controllo inventariale viene svolto il prima possibile la mattina e pertanto, dal momento che non vengono utilizzate delle liste giornaliera di prelievo, vi possono essere dei prelievi di produzione dopo l'istante di controllo della giacenza, che non vengono conteggiati. Il risultato è che la giacenza giornaliera rilevata non coincide con la disponibilità effettiva: la situazione che si viene così a creare è critica. Infatti, da un lato aumenta il rischio di emissione ritardata degli ordini: si possono verificare dei casi in cui la giacenza risulta maggiore del livello di riordino, quando in realtà la disponibilità è inferiore. In questi casi l'ordine verrà emesso al prossimo controllo inventariale, che nel migliore dei casi sarà il giorno successivo, andando così ad aumentare il rischio di rotture di stock. In questo modo infatti aumenta il tempo necessario di approvvigionamento, in quanto al tempo di fornitura bisogna aggiungere il ritardo con cui si è emesso l'ordine. Dall'altro lato aumenta la probabilità che vengano emessi degli ordini di produzione non fattibili: la verifica di fattibilità del piano, per quanto riguarda la disponibilità di materiali, viene fatta sulla base di quanto registrato dal controllo inventariale giornaliero che, per le ragioni spiegate, fornisce un'informazione falsata in quanto maggiore la disponibilità effettiva. Il risultato è che su un totale di 63 giorni analizzati, in 22 giorni (35% dei casi) il piano di

produzione giornaliero non è stato completato a causa di rotture di stock sulle materie prime.

- Infine, la terza criticità riguarda il tipo di strumenti utilizzati per il monitoraggio delle scorte e il calcolo dei fabbisogni. Come spiegato sopra, sia il monitoraggio delle scorte che il calcolo dei fabbisogni viene fatto manualmente, senza l'ausilio di procedure informatizzate. Sebbene questo approccio permetta di svolgere tutte le operazioni necessarie senza particolari problemi, l'implementazione di procedure informatiche permetterebbe, da un lato, di ridurre notevolmente il tempo necessario per lo svolgimento di queste, dall'altro di introdurre dei parametri di gestione dei materiali più sofisticati i quali permetterebbero di ottimizzare la pianificazione degli approvvigionamenti.
Ad esempio, la gestione informatizzata delle ricette permetterebbe di facilitare sia il calcolo dei fabbisogni lordi di quei materiali gestiti a fabbisogno, sia la verifica di fattibilità dei piani di produzione dal punto di vista dei materiali.

Anche in questo contesto, individuate le criticità del sistema attuale, è stato definito un progetto di miglioramento articolato nei seguenti punti:

- Analisi dei costi di magazzino e caratterizzazione del consumo dei principali codici d'acquisto, con l'obiettivo di individuare i criteri di gestione ottimali e di revisionare i parametri di gestione attualmente utilizzati
- Implementazione e avviamento delle procedure informatizzate offerte dal gestionale e-Solver per la gestione del magazzino, con l'obiettivo di fornire degli strumenti che permettano contemporaneamente di snellire e aumentare l'efficienza delle procedure di programmazione del piano dei materiali attualmente utilizzate

Nei paragrafi successivi verrà descritta nel dettaglio l'applicazione del percorso pianificato.

7.2 Analisi ABC incrociata: “giacenza Vs valore d'impiego”

Questo paragrafo è dedicato alle analisi eseguite per quantificare l'impatto economico del sistema di gestione delle materie prime attualmente utilizzato. Le variabili prese in considerazione per effettuare questa caratterizzazione sono la giacenza media valorizzata e il valore d'impiego dei codici di acquisto, tramite l'analisi ABC semplice ed incrociata eseguita secondo quanto illustrato nel paragrafo 3.3.4.

La fase preliminare all'analisi è stata quella di raccolta dei dati necessari: non essendo attiva nessuna procedura informatizzata di gestione, l'azienda non disponeva di un database con i dati storici relativi alla giacenza media del magazzino materie prime e ai consumi medi di materie prime. Pertanto, il periodo da settembre 2019 a gennaio 2020 è stato dedicato all'acquisizione dei dati necessari i quali sono stati ricavati con le seguenti modalità:

- Per quanto riguarda i dati relativi alla giacenza di magazzino, questi sono stati raccolti andando a registrare su un foglio Excel i valori di giacenza rilevati con il controllo inventariale quotidiano. I dati così raccolti hanno permesso di costruire la serie storica delle giacenze giornaliere, la quale poi è stata elaborata per ottenere i valori medi della giacenza su base settimanale e mensile. Questa fase, finalizzata

alla raccolta dati, ha rivelato un'altra criticità del sistema di gestione dei materiali, ossia che il controllo inventariale della giacenza non viene svolto regolarmente tutti i giorni, in quanto non sempre il magazziniere trova il tempo necessario per questa attività, che richiede un tempo medio di 30 minuti. Infatti, su un totale di 120 giorni analizzati, il controllo della giacenza è stato svolto 67 volte. Pertanto, i dati acquisiti fanno riferimento alla giacenza giornaliera di 67 giorni, la quale è stata ribaltata su base settimanale con la relazione:

$$Q_{settimanale} = \frac{\sum_{i=1, \dots, N} Q_{giornaliera \ i-esima}}{N}$$

dove:

- $Q_{giornaliera \ i-esima}$ è la i -esima giacenza giornaliera rilevata nella settimana
- N è il numero di rilevazioni fatte nella settimana, che va da un minimo di zero (neanche una rilevazione fatta nella settimana) ad un massimo di 6 (una rilevazione per ogni giorno lavorativo della settimana)

In questo modo i valori medi della giacenza settimanale sono stati ottenuti per un totale di 17 settimane

- Per quanto riguarda i dati relativi al consumo di materie prime, questi sono stati ricavati andando a registrare quotidianamente i consumi di materie prime previsti dal piano di produzione giornaliero. Per far questo è stato realizzato un foglio di calcolo Excel (estratto in figura 7.1) il quale, tramite le quantità definite da ricetta, permette di calcolare i fabbisogni di materie prime generato dai lotti di produzione pianificati.

Prodotto	N° IMPASTI	Codice	Quantità necessarie
PRODOTTO 21	0	410.530.00020	0,00
PRODOTTO 35	15	410.550.00008	0,00
PRODOTTO 10	0	400.510.00001	0,00
PRODOTTO 8	8	400.510.00002	0,00
PRODOTTO 3	20	599.600.00006	400,00
PRODOTTO 9	0	430.650.00002	200,00
PRODOTTO 19	0	41.055.000.001	80,00
PRODOTTO 6	0	599.600.00023	0,00
PRODOTTO 12	0	599.600.00009	0,00

Figura 7.1: Estratto del foglio di calcolo utilizzato per il calcolo del fabbisogno di materie prime previsto dal piano di produzione.

Va detto che questo approccio non permette di registrare il consumo effettivo di materie prime che si è manifestato. Infatti, accade che i consumi effettivi per la realizzazione di un ordine di produzione possano differire di qualche percento da quanto previsto da ricetta, per motivi legati alla natura dei prodotti (ad esempio la quantità di farina necessaria per un impasto può variare leggermente a seconda dell'umidità dell'aria) o per necessità ed inefficienze legate processi produttivi (utilizzo di farina da spolvero; perdite di ingredienti nelle macchine durante il processo). Tuttavia, le variazioni di consumo che si manifestano a causa di questi fenomeni sono ridotte e possono pertanto essere trascurate ai fini dell'analisi

condotta. Quindi, il calcolo dei consumi basandosi sulle quantità previste da ricetta risulta essere corretto. Questo approccio ha permesso di calcolare non solo i consumi giornalieri relativi al periodo di svolgimento del progetto di tesi, ma anche quelli dei mesi precedenti, ricorrendo allo storico dei piani di produzione. Il risultato è che i consumi giornalieri ricavati fanno riferimento ad un periodo che va da luglio 2019 a gennaio 2020. Anche in questo caso i dati ottenuti sono stati utilizzati per costruire la serie storica dei consumi giornalieri, dalla quale poi sono stati ricavati i consumi medi su base settimanale, per un totale di 31 settimane, e su base mensile, per un totale di 7 mesi.

Finita la fase di raccolta dati, lo step successivo è stato quello dell'elaborazione per la realizzazione dell'analisi ABC incrociata "giacenza Vs valore d'impiego". Il periodo temporale preso come riferimento per l'analisi è anche in questo caso la settimana, in quanto questo intervallo temporale è quello che permette di ottenere maggiore significatività dei risultati in termini di valori medi. In altri termini, la giacenza media settimanale e il consumo medio settimanale sono quelli che meglio rappresentano il sistema. Infatti, se si prendesse in considerazione, ad esempio, il giorno come intervallo di riferimento i parametri che si otterrebbero non fornirebbero una rappresentazione corretta, in quanto per molti articoli la frequenza di consumo e di conseguenza la variazione della giacenza sono settimanali, e non giornaliere.

La prima analisi ABC semplice è stata condotta sulla giacenza media valorizzata al prezzo d'acquisto medio, ricavato sulla base delle fatture dei fornitori del 2019. La procedura utilizzata per l'analisi è analoga a quella utilizzata nel capitolo 5 (e descritta nel paragrafo 3.3.4) dalla quale differisce solamente per la variabile in analisi che in questo caso è rappresentata dalla giacenza media settimanale valorizzata di ogni articolo. I valori di soglia utilizzati per le 3 classi sono stati rispettivamente:

Classe A: 70% Classe B: 20% Classe C: 10%

I risultati dell'analisi ABC semplice sulla giacenza media valorizzata sono riportati in appendice C (tabella C.1) e sono riassunti dal grafico di figura 7.2. Si ha che la classe A è composta da 16 articoli, i quali rappresentano il 17,98% della popolazione, la classe B contiene 22 articoli che rappresentano il 24,72% della popolazione e infine la classe C contiene 51 articoli che rappresentano il restante 57,30% della popolazione. La maggior parte degli articoli di classe C sono codici che, pur essendo gestiti a scorta, hanno un basso impatto sul valore della giacenza complessiva. Oltre a questa categoria di materiali, troviamo anche tutti quei codici che vengono attualmente gestiti a fabbisogno i quali, pur avendo prezzi d'acquisto nella media, hanno giacenza media molto bassa, e anche quegli articoli che non sono più stati acquistati nel periodo analizzato, per i quali la giacenza media settimanale registrata è pertanto risultata nulla.

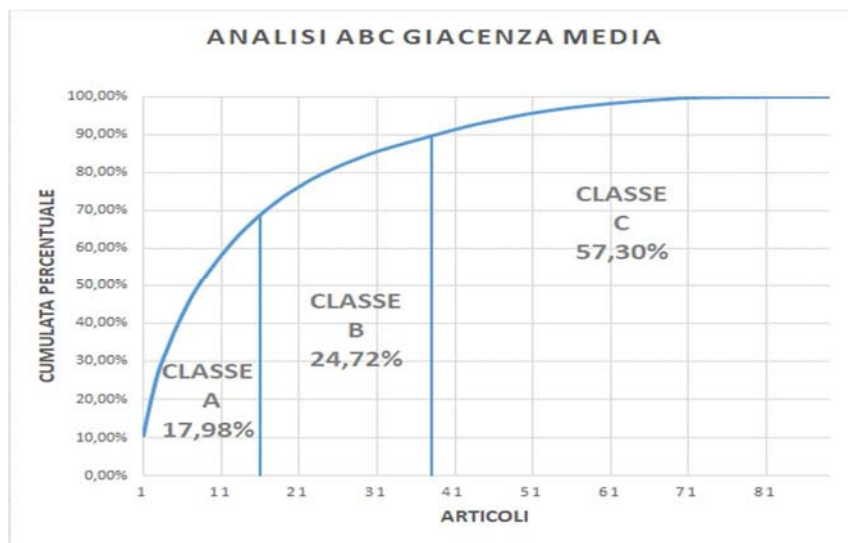


Figura 7.2: Risultato dell'analisi ABC semplice sulla giacenza.

La seconda analisi ABC semplice realizzata è stata quella sul valore d'impiego, calcolato, secondo quanto definito nel paragrafo 3.3.4, sulla base del consumo medio settimanale e del prezzo d'acquisto medio del 2019. Anche in questo caso i valori di soglia per le classi A B e C sono stati rispettivamente 70%, 20% e 10%. I risultati ottenuti sono riportati integralmente in appendice C (tabella C.2), e riassunti nel grafico di figura 7.3.

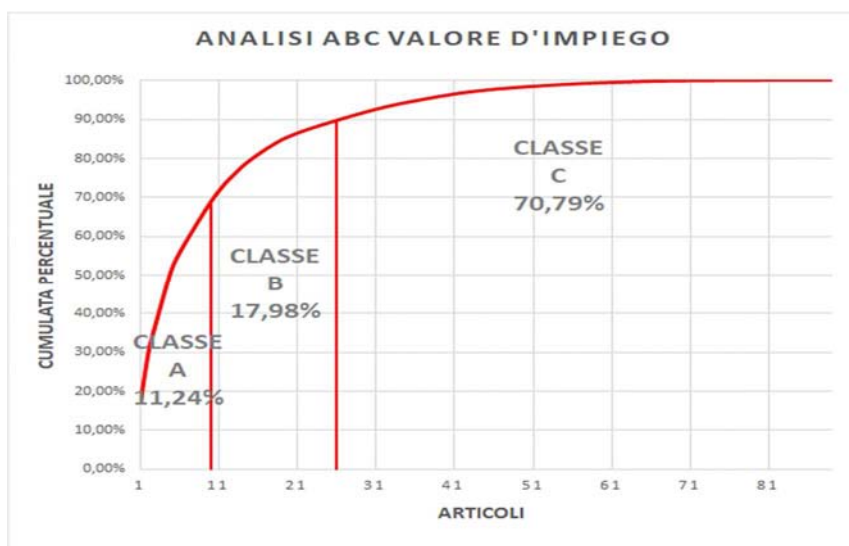


Figura 7.3: Risultato dell'analisi ABC sul valore d'impiego.

La classe A contiene l'11,24% dei codici d'acquisto, la classe B il 17,98% e infine la classe C il restante 70,79% degli articoli. In quest'ultima rientrano, anche in questo caso, i codici per i quali non si è manifestato un consumo nel periodo analizzato e quelli gestiti a fabbisogno, i quali manifestano un consumo medio più basso rispetto agli altri.

I dati ottenuti dalle due analisi sono stati combinati per ottenere “l’analisi incrociata ABC giacenza media valorizzata Vs valore d’impiego”. I risultati sono riportati integralmente in appendice C (tabella C.3), della quale si riporta un estratto in figura 7.4.

Articolo	Classe giacenza	Classe valore d'impiego	Giacenza media	Consumo medio	IR	IC
610.840.00001	A	A	12.484,81	1.798,00	0,14	6,94
400.500.00012	A	A	13.667,84	3.634,31	0,27	3,76
410.520.00002	A	A	4.829,20	724,19	0,15	6,67
599.600.00006	A	A	2.418,72	1.324,60	0,55	1,83
400.500.00002	A	A	9.645,29	12.121,49	1,26	0,80
410.550.00001	A	A	932,03	265,08	0,28	3,52
400.510.00020	A	C	817,48	40,45	0,05	20,21
400.500.00008	A	B	806,86	105,65	0,13	7,64
430.670.00001	A	A	618,88	542,23	0,88	1,14
610.830.00001	A	B	19.508,92	2.113,73	0,11	9,23
410.520.00003	A	A	751,99	356,10	0,47	2,11
610.840.00019	A	B	1.053,86	252,27	0,24	4,18
610.830.00010	A	A	19.331,82	9.301,36	0,48	2,08

Figura 7.4: Estratto dell’analisi ABC incrociata giacenza media valorizzata Vs valore d’impiego.

Per ogni articolo, oltre al confronto tra classe di giacenza e classe di valore d’impiego, sono stati calcolati l’indice di rotazione (**IR**) e l’indice di copertura (**IC**) sulle quantità, secondo la relazione descritta nel paragrafo 3.3.3. È importante monitorare questi due parametri in quanto essi permettono da un lato di valutare la frequenza con la quale ruotano i materiali a magazzino, dall’altro di valutare la frequenza di rotazione del capitale investito in scorte.

La frequenza di rotazione dei materiali a magazzino è importante in quanto collegata al tema della deperibilità: per ridurre il rischio di avere costi di deperimento prime è fondamentale che le materie prime con vita utile ridotta abbiano indici di rotazione elevati, ossia tali da garantire un periodo di copertura medio compatibile con la vita utile. Ecco che i valori maggiori degli indici di rotazione (da 0,88 fino a 4,41) si hanno proprio per i prodotti freschi, che appunto sono quelli che hanno vita utile minore, e per i prodotti che vengono gestiti a fabbisogno.

La frequenza di rotazione del capitale investito invece è un fattore importante in quanto direttamente proporzionale alla redditività dell’impresa. Infatti, la redditività dell’impresa misurata dal Return on investment (ROI) è proporzionale all’indice di rotazione a valore delle scorte secondo la seguente relazione:

$$\begin{aligned}
 ROI &= \frac{\text{Reddito operativo (RO)}}{\text{Capitale investito (CI)}} = \frac{RO}{\text{Fatturato}} * \frac{\text{Fatturato}}{CI} * \frac{\text{Valore scorta media}}{\text{Valore scorta media}} \\
 &= ROS * IR_{\text{valore}} * \frac{\text{Valore scorta media}}{CI}
 \end{aligned}$$

Diventa pertanto fondamentale, a parità delle altre condizioni, cercare di aumentare l’indice di rotazione.

Quanto detto dimostra l’importanza di riuscire a massimizzare l’indice di rotazione medio del magazzino, in quanto in questo modo si riesce a migliorare l’efficienza della gestione.

Per quanto riguarda il confronto tra le classi di giacenza e valore d’impiego, il risultato ottenuto è riassunto in tabella 7.1, nella quale è riportato il numero di codici per ognuna delle 9 possibili combinazioni di classi. Le situazioni che meritano più attenzione sono

rappresentate dalle celle AA, AB e BA, le quali contengono i codici che più impattano sulla gestione economica del magazzino, sui quali bisognerà pertanto intervenire se si vuole ridurre l'entità del capitale immobilizzato a magazzino. Le celle BC, CB e CC invece rappresentano le situazioni di minor rilevanza dal punto di vista dell'impatto economico. Nel caso di Stuzzità il 73% degli articoli rientra nelle tre celle BC (14 articoli), CB (4 articoli) e CC (47 articoli), mentre solo il 15% rientra nelle celle AA (10 articoli), BA (0 articoli) e AB (4 articoli).

Tabella 7.1: Tabella riassuntiva dell'analisi ABC incrociata giacenza Vs valore d'impiego.

		VALORE D'IMPIEGO		
		A	B	C
GIACENZA	A	10	4	2
	B	0	8	14
	C	0	4	47

I risultati ottenuti dalla cross analysis appena descritta verranno utilizzati nel paragrafo 7.4 per l'individuazione delle logiche di gestione ottimali, dove saranno combinati con i risultati dell'analisi delle caratteristiche del consumo del prossimo paragrafo.

7.3 Analisi incrociata del consumo: “frequenza Vs variabilità”

In questo paragrafo saranno descritte le analisi condotte per la caratterizzazione del consumo delle materie prime i termini di frequenza e variabilità. Infatti, come spiegato nel paragrafo 3.3.6, questi due parametri sono fondamentali per l'individuazione delle logiche di gestione ottimali.

La caratterizzazione di queste due componenti del consumo è stata realizzata con un approccio quantitativo tramite l'utilizzo dei due parametri statistici definiti nel paragrafo 3.3.6: la frequenza ancora una volta è stata valutata tramite il parametro “densità degli zeri” (DZ), la variabilità invece è stata valutata tramite il parametro “coefficiente di variazione” (CV). Questi due indicatori sono stati calcolati sulla base delle serie storiche settimanali dei consumi di materie prime, la cui determinazione è stata spiegata all'inizio del paragrafo precedente. La settimana è stata scelta come intervallo temporale di riferimento perché è quello che permette di avere la migliore rappresentatività delle caratteristiche del sistema analizzato.

Per quanto riguarda la scelta dei valori di soglia per l'individuazione delle classi di frequenza, questi sono gli stessi usati per la caratterizzazione della frequenza di consumo dei prodotti finiti (tabella 7.2):

Tabella 7.2: Valori di soglia per le classi di frequenza del consumo dei codici d'acquisto.

Densità degli zeri	Frequenza del consumo	Denominazione
$0 < DZ < 25\%$	Alta	Runners
$25\% < DZ \leq 50\%$	Media	Repeaters
$DZ > 50\%$	Bassa	Strangers

Infatti, sempre sulla base delle considerazioni del responsabile di pianificazione della produzione, è emerso che questi valori offrono una rappresentazione corretta anche della frequenza di consumo delle materie prime.

Invece, per la determinazione dei valori di soglia del coefficiente CV, per l'identificazione delle classi di variabilità, è stata applicata una procedura di taratura iterativa analoga a quella descritta nel capitolo 5: a partire dai valori forniti in letteratura, riportati in tabella 3.3, sono stati ricavati dei valori che, sulla base delle considerazioni del responsabile di pianificazione della produzione, rappresentano bene la situazione analizzata. I valori definitivi ai quali si è pervenuti sono quelli riportati in tabella 7.3:

Tabella 7.3: Valori di soglia per le classi di variabilità del consumo dei codici d'acquisto.

Coefficiente di variazione	Variabilità del consumo	Denominazione
$0 < CV < 0,5$	Bassa	Classe X
$0,5 < CV \leq 1$	Media	Classe Y
$CV > 1$	Alta	Classe Z

Dunque, una volta definiti i valori di soglia, ad ognuno dei codici analizzati è stata attribuita una classe di frequenza e una classe di variabilità, sulla base dei valori di DZ e CV emersi dall'analisi delle serie storiche settimanali. Individuate le classi, lo step successivo è stato quello di incrociare i risultati ottenuti, per caratterizzare il consumo in maniera completa secondo le relazioni previste dalla tabella 3.15 riportata nel paragrafo 3.3.6. Il risultato ottenuto è riassunto in tabella 7.4, mentre la tabella completa con i risultati dell'analisi quantitativa svolta è riportata in appendice C (tabella C.4):

Tabella 7.4: Risultato della cross analysis frequenza Vs variabilità del consumo.

VARIABILITA'	z	28		28
	y	1		
	x	21		
		STRANGERS	REPEATERS	RUNNERS
		FREQUENZA		

Quello che emerge dall'analisi è che:

- 28 articoli hanno consumo sporadico (zona rossa), caratterizzato cioè da bassa frequenza ed elevata variabilità
- 21 codici hanno consumo regolare (zona verde) caratterizzato da frequenza medio-alta e bassa variabilità
- 28 codici hanno consumo erratico (zona gialla) caratterizzato da elevata frequenza e variabilità medio-alta
- Infine, un solo codice ha consumo intermittente (zona arancione) caratterizzato da frequenza e variabilità medio-alte

Va detto che da questa analisi sono stati esclusi i codici per i quali non è stato registrato alcun consumo nel periodo di analisi.

7.4 Individuazione delle logiche di gestione ottimali

Con i dati ottenuti nei due paragrafi precedenti è stato possibile fare una caratterizzazione dei codici di acquisto sia dal punto di vista dell'impatto economico che questi hanno sulla gestione, sia dal punto di vista delle caratteristiche del consumo. Per l'identificazione delle logiche di gestione ottimali è necessario fare delle precisazioni sulle ultime due variabili critiche che devono essere considerate. Infatti, come spiegato nel paragrafo 3.3.6, oltre all'impatto economico e alle caratteristiche del consumo, per la scelta della tecnica di gestione più idonea è opportuno prendere in considerazione anche altre due variabili che sono la "natura della domanda" e le "dimensioni della distinta base".

Per quanto riguarda la natura della domanda, i codici di acquisto analizzati hanno tutti domanda dipendente, in quanto il fabbisogno di questi materiali è sempre riconducibile in maniera esatta sia in termini di quantità sia in termini di momento di consumo, tramite le relazioni definite nelle ricette, al fabbisogno dei codici padre. Ne segue che, guardando solo alla natura della domanda, tutti i codici d'acquisto analizzati potrebbero essere gestiti con la logica di gestione a fabbisogno.

Invece, per quanto riguarda le dimensioni delle distinte si ha che i prodotti realizzati da Stuzzità, come visto nel paragrafo 4.2, sono caratterizzati da distinte poco profonde e strette: il numero di livelli passa da 3, nel caso dei salami al cioccolato e dei prodotti della famiglia pane, a 4 nel caso dei prodotti farciti, mentre la larghezza massima si ha

a livello delle materie prime, dove nel peggiore dei casi troviamo una dozzina di codici. Si può dunque concludere che le dimensioni delle distinte non creano criticità particolari nell'utilizzo della logica di gestione a scorta: la larghezza delle distinte non è tale da andare a ridurre in maniera significativa i livelli di servizio offerto dalle materie prime rispetto al codice padre, e la profondità non è tale da generare forti discontinuità della domanda passando dai livelli superiori a quelli inferiori.

A questo punto si è in grado di chiudere il ragionamento e, sulla base di quanto emerso fin qui, stabilire le logiche di gestione ottimali per i vari codici di acquisto.

Il modello di identificazione utilizzato considera le variabili analizzate secondo il seguente schema logico, con l'obiettivo di realizzare una gestione che sia a ridotto impatto economico ma che allo stesso tempo garantisca livelli di servizio elevati:

- In primis è analizzato il tipo di consumo dell'articolo: agli articoli con consumo sporadico viene assegnata la classe di gestione a fabbisogno, mentre agli articoli con consumo regolare viene assegnata la classe di gestione a scorta. La gestione a fabbisogno è quella più adatta agli articoli con consumo sporadico in quanto questa permette di ridurre gli elevati costi di mantenimento delle scorte che si avrebbero con una gestione a scorta. L'elevata variabilità della domanda infatti porterebbe ad elevati valori delle scorte di sicurezza le quali per di più avrebbero un elevato tempo di permanenza medio (per la ridotta frequenza di consumo) con elevati costi di mantenimento e rischi di deperibilità. Per contro la gestione a scorta si adatta bene agli articoli con consumo frequente e stabile.

Per quanto riguarda gli articoli con consumo intermittente ed erratico, la caratterizzazione del consumo non è sufficiente per la determinazione della tecnica di gestione più idonea, ed è necessario prendere in considerazione anche altre variabili, nelle modalità spiegate al punto successivo.

- Per determinare la classe di gestione più idonea per gli articoli con consumo sporadico ed intermittente è stato preso in considerazione l'impatto economico di questi con l'obiettivo di minimizzarlo. Gli schemi decisionali applicati sono di seguito descritti:

- I 28 articoli con consumo erratico sono caratterizzati da frequenza di consumo elevata e variabilità medio-alta. La frequenza di consumo elevata è compatibile con la gestione a scorta in quanto da un lato riduce i rischi di avere elevati tempi di permanenza, dall'altro permette, di ridurre i costi logistici. L'unico elemento critico rispetto alla gestione a scorta è l'elevata variabilità, la quale comporta elevati valori delle scorte di sicurezza. Ne segue che aumentano i valori dei livelli di riordino e quindi del valore medio complessivamente stoccato a magazzino.

Tuttavia, se gli articoli che vengono gestiti a scorta hanno un basso valore d'impiego, allora l'impatto economico della giacenza sarà modesto. Pertanto, è ragionevole l'utilizzo della gestione a scorta per gli articoli a consumo erratico appartenenti alle classi BC, BB e CC, mentre muovere verso la logica a fabbisogno per gli articoli di classe AA e AB

- Per quanto riguarda l'articolo con consumo intermittente, si hanno media frequenza e variabilità e un basso impatto economico, dal momento che la classe di appartenenza è la BC. Pertanto, sulla base di considerazioni analoghe a quelle descritte al punto precedente, è stata individuata in questo caso idonea la gestione a scorta

Con i ragionamenti appena descritti è stato possibile pertanto individuare, per ogni articolo, la logica di gestione ottimale tra quella a scorta e quella a fabbisogno. Si parla di “logica ottimale” in quanto le scelte fatte sono quelle che permettono di combinare le caratteristiche delle due classi di sistemi di gestione con le caratteristiche di consumo, in modo da minimizzare l’impatto economico della gestione. I risultati ottenuti sono riportati integralmente in appendice C (tabella C.5), e sono sintetizzati in tabella 7.5, la quale illustra che, su un totale di 78 articoli considerati, 47 si adattano meglio alla gestione a scorta, mentre 31 sono più idonei alla gestione a fabbisogno.

Tabella 7.5: Risultato dell’individuazione delle logiche di gestione ottimali.

GESTIONE A SCORTA	GESTIONE A FABBISOGNO
47	31

Tuttavia, come spesso accade nella risoluzione dei problemi ingegneristici, le soluzioni ottimali non risultano sempre attuabili: la gestione a fabbisogno non risulta essere fattibile per tutti gli articoli per i quali questa risulta la logica ottimale. L’analisi condotta infatti non ha volontariamente preso in considerazione il rapporto tra il tempo di fornitura e il tempo di risposta disponibile: se infatti non vi è compatibilità tra questi due tempi, viene a meno la fattibilità della gestione a fabbisogno. Pertanto, sono stati confrontati i tempi di fornitura con i tempi utili di risposta per gli articoli candidati alla gestione a fabbisogno: per quanto riguarda i codici di acquisto necessari per i prodotti da forno, il tempo di fornitura limite accettabile per la gestione a fabbisogno è di 2 giorni. Infatti, nel peggiore dei casi analizzati si hanno a disposizione 4 giorni per l’evasione dell’ordine, due dei quali sono necessari per la produzione: rimangono a disposizione due giorni di tempo utile per la ricezione delle materie prime necessarie. Se un articolo ha un lead time di fornitura maggiore di 2 giorni dovrà pertanto essere gestito a scorta. Invece, per le materie prime necessarie per la produzione dei salami al cioccolato, la gestione a fabbisogno risulta sempre non attuabile: nel peggiore dei casi infatti il tempo utile disponibile per l’evasione dell’ordinato è di un giorno. Questo tempo non è sufficiente neanche per realizzare l’intero ciclo di produzione dei salami, motivo per cui questi vengono gestiti con logica ATO. Di conseguenza neanche l’approvvigionamento a fabbisogno risulta una scelta fattibile, e pertanto le materie prime dei salami al cioccolato andranno gestite a scorta. Il risultato è che il numero degli articoli compatibili con la gestione a fabbisogno si riduce notevolmente, come può essere osservato in tabella 7.6:

Tabella 7.6: Risultato dell’individuazione delle logiche di gestione fattibili.

GESTIONE A SCORTA	GESTIONE A FABBISOGNO
64	14

Come detto prima, la scelta di non considerare fin da subito la compatibilità tra il tempo di fornitura e il tempo utile di consegna è stata voluta. Infatti, essendo il tempo di fornitura una variabile sulla quale si ha margine di intervento, o cambiando fornitore

o con degli accordi commerciali, allora è opportuno individuare le logiche ottimali di gestione sulla base delle variabili più vincolanti, che in questo caso sono le caratteristiche di consumo, l'impatto economico, le dimensioni delle distinte base e il tipo di domanda. A tal proposito vale la pena fare una precisazione: si è appena detto che le caratteristiche del consumo rientrano tra le variabili più vincolanti, dal momento che queste non offrono margine di intervento. In realtà è possibile intervenire anche su quest'ultime: la combinazione della gestione a scorta e del modello di pianificazione e programmazione della produzione proposto, livellando la produzione, dovrebbero portare ad una regolarizzazione dei consumi sia in termini di frequenza che di variabilità delle materie prime, con la conseguente necessità di rivalutare le logiche di gestione di quest'ultime.

Nel prossimo paragrafo è proposta una revisione delle scorte di sicurezza e dei livelli di riordino per i codici individuati per la gestione a scorta.

7.5 Calcolo delle scorte di sicurezza e dei livelli di riordino

Questo paragrafo è dedicato al dimensionamento delle scorte di sicurezza e dei livelli di riordino per i codici d'acquisto da gestire a scorta. La tecnica di gestione a scorta basata sul punto di riordino, come spiegato nel paragrafo 3.3.5, prevede che venga definito un valore di riferimento delle scorte chiamato "Reorder Point" (R) il quale identifica il momento in cui deve essere emesso l'ordine al fornitore per il ripristino delle scorte. È necessario pertanto dimensionare in maniera corretta questo valore per evitare che si verifichino delle rotture di stock sui codici d'acquisto. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$R = LT \cdot d + SS$$

Dove:

- LT è il lead time medio di fornitura garantito dai fornitori, espresso in giorni
- d è il valore della domanda media giornaliera per il codice considerato
- SS è il valore della scorta di sicurezza

L'idea che sta dietro a questa formula è molto semplice: è necessario emettere l'ordine quando il livello della scorta fisica presente a magazzino è tale, sulla base del consumo medio storico, da fornire copertura per un periodo pari al tempo di fornitura dal momento di emissione dell'ordine. La scorta di sicurezza SS è una quantità aggiuntiva, che serve a tutelare il sistema da eventuali variazioni rispetto ai consumi e ai tempi di fornitura medi (figura 7.5).

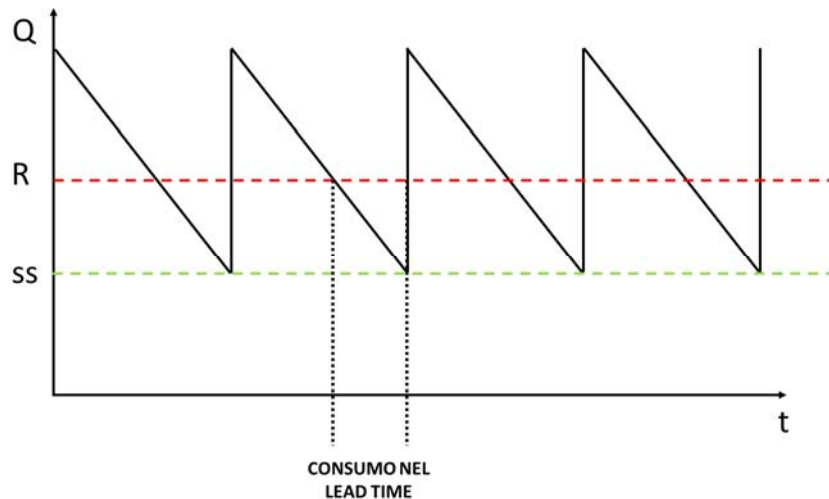


Figura 7.5: Rappresentazione schematica del significato della formula utilizzata per il dimensionamento del livello di riordino R .

Il primo step per la determinazione di R è dedicato al calcolo delle scorte di sicurezza, per il quale è stato applicato il metodo del dimensionamento in funzione del livello di copertura desiderato, descritto nel paragrafo 3.5 e già utilizzato nel capitolo 5. Anche in questo caso è stata presa in considerazione solo la variabilità della domanda: non sono stati riscontrati ritardi rilevanti nei tempi di consegna da parte dei fornitori, e pertanto anche in questo contesto la fonte di incertezza prevalente risulta essere quella sulla domanda.

Per quanto riguarda la verifica di normalità delle distribuzioni storiche dei consumi, è stato applicato ancora una volta il test di Kolmogorov-Smirnov. In questo caso per la verifica sono state considerate le serie storiche settimanali, in quanto, considerando i dati a disposizione, sono quelle che permettono di ottenere il miglior compromesso tra regolarità dei valori e numerosità del campione. Dunque, in maniera analoga a quanto fatto nel capitolo 5, è stato progettato un foglio di calcolo Excel (figura 7.6) per l'applicazione del test il quale è stato quindi applicato alle serie storiche di tutti gli articoli considerati.

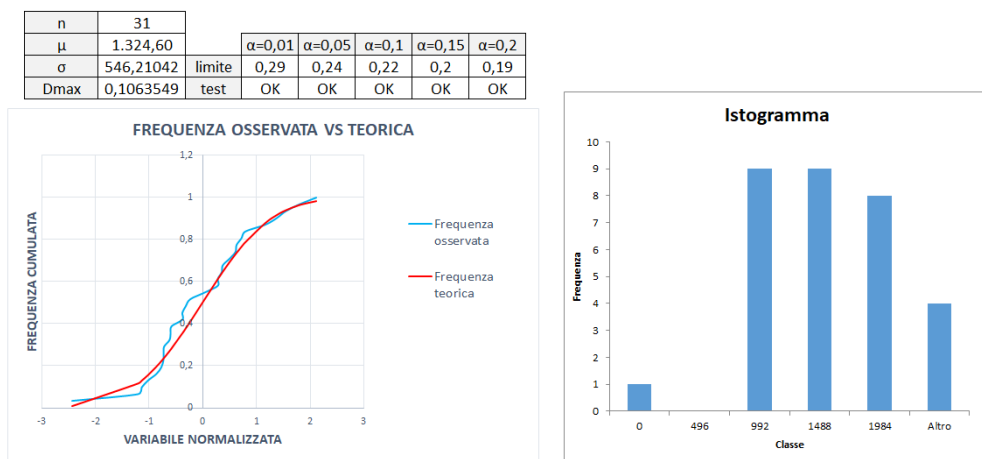


Figura 7.6: Foglio di calcolo Excel per la verifica di normalità delle distribuzioni analizzate.

Fissato un livello di significatività α del 5% si ottiene che, su 78 codici analizzati, in 10 casi non è possibile accettare l'ipotesi di normalità delle distribuzioni, come può essere osservato in tabella C.6 (appendice C), dove sono riportati i risultati dell'applicazione del test per tutti gli articoli analizzati. I codici per i quali non è possibile assumere l'ipotesi di gaussianità sono quelli che, su base settimanale, hanno consumo sporadico, intermittente ed erratico: è molto probabile che, analizzando le serie su base mensile (avendo a disposizione un numero sufficiente di dati), queste verifichino l'ipotesi di normalità, in quanto gli andamenti dei consumi risulterebbero più stabili. Pertanto, è stato deciso di utilizzare comunque anche per questi articoli il dimensionamento in funzione del livello di copertura desiderato: sarà necessario verificare nei primi mesi di utilizzo l'efficacia dei livelli ottenuti procedendo eventualmente ad una correzione empirica dei valori ottenuti.

Sono stati pertanto determinati i valori delle scorte di sicurezza per i vari articoli, utilizzando la seguente equazione che prende in considerazione solo la variabilità sulla domanda:

$$SS = k \cdot \sigma_{LT}$$

Va specificato che i valori della deviazione standard σ_{LT} utilizzati sono ottenuti ribaltando la variabilità misurata, che è su base settimanale, su un intervallo temporale di ampiezza pari a quella del tempo di fornitura medio dell'articolo considerato. Quindi, ad esempio, nel caso in cui il lead time sia di 3 giorni, la σ utilizzata è fornita dalla relazione:

$$\sigma_{LT} = \frac{\sqrt{LT}}{\sqrt{6}} \cdot \sigma = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{6}} \cdot \sigma$$

il fattore di conversione $\sqrt{3}/\sqrt{6}$ è quello che permette di ribaltare la variabilità settimanale della serie storica (supposta una settimana lavorativa di 6 giorni) sull'intervallo temporale di ampiezza pari al lead time di fornitura espresso in giorni. Le scorte di sicurezza sono state calcolate per tre valori del coefficiente k, e dunque per tre valori del livello di servizio garantito, secondo quanto prescritto dalle relazioni di tabella 3.4. Infine, ai livelli delle scorte di sicurezza così calcolati è stato sommato il valore del consumo medio nel tempo di fornitura. Questo è stato calcolato ribaltando

dapprima i valori del consumo medio settimanale su base giornaliera, e infine moltiplicando per il lead time medio di fornitura dell'articolo considerato. I valori dei livelli di riordino R ottenuti sono riportati integralmente in appendice C (tabella C.7), della quale si riporta un estratto in figura 7.7. La tabella riporta i valori delle scorte di sicurezza e dei livelli di riordino e corrispondenti valori del livello di servizio garantito. Sono stati poi calcolati altri due parametri che possono essere di supporto al management aziendale per la scelta dei livelli di riordino da utilizzare: il primo parametro è l'indice di copertura (**IC**) associato alle scorte di sicurezza, calcolato sulla base del consumo medio giornaliero, il quale permette di capire i giorni medi di copertura associati ai vari livelli delle scorte di sicurezza. L'altro parametro calcolato è il valore delle scorte di sicurezza (**Valore**), il quale permette di valutare l'impatto economico associato al livello di servizio scelto.

410.550.00008	μ giorno	0,061	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,11	1,04	85%	0,16	0,28	2,58	€ 5,76
	Lead time	2,00	2,06	98%	0,31	0,44	5,12	€ 11,41
	Valore	€ 36,33	3,00	99,8%	0,46	0,58	7,45	€ 16,61
599.600.00006	μ giorno	220,77	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	222,99	1,04	85%	733,36	2.941,04	3,32	€ 1.056,04
	Lead time	10,00	2,06	98%	1.452,62	3.660,29	6,58	€ 2.091,77
	Valore	€ 1,44	3,00	99,8%	2.115,46	4.323,14	9,58	€ 3.046,27
430.650.00002	μ giorno	118,88	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	110,84	1,04	85%	163,02	400,79	1,37	€ 717,28
	Lead time	2,00	2,06	98%	322,90	560,67	2,72	€ 1.420,77
	Valore	€ 4,40	3,00	99,8%	470,25	708,02	3,96	€ 2.069,08
410.550.00001	μ giorno	44,18	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	44,40	1,04	85%	146,03	587,83	3,31	€ 452,68
	Lead time	10,00	2,06	98%	289,24	731,05	6,55	€ 896,66
	Valore	€ 3,10	3,00	99,8%	421,23	863,03	9,53	€ 1.305,81
599.600.00023	μ giorno	0,08	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,51	1,04	85%	1,68	2,50	20,55	€ 11,84
	Lead time	10,00	2,06	98%	3,33	4,14	40,71	€ 23,45
	Valore	€ 7,05	3,00	99,8%	4,84	5,66	59,29	€ 34,16
599.600.00009	μ giorno	0,22	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,94	1,04	85%	3,09	5,31	13,95	€ 12,00
	Lead time	10,00	2,06	98%	6,13	8,34	27,62	€ 23,77
	Valore	€ 3,88	3,00	99,8%	8,92	11,14	40,23	€ 34,61
400.510.00007	μ giorno	26,30	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	24,39	1,04	85%	35,87	88,46	1,36	€ 75,32
	Lead time	2,00	2,06	98%	71,04	123,64	2,70	€ 149,19
	Valore	€ 2,10	3,00	99,8%	103,46	156,06	3,93	€ 217,27
410.550.00009	μ giorno	0,18	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,75	1,04	85%	1,11	1,46	6,24	€ 3,65
	Lead time	2,00	2,06	98%	2,19	2,55	12,35	€ 7,23
	Valore	€ 3,30	3,00	99,8%	3,19	3,55	17,99	€ 10,53
400.500.00002	μ giorno	2.020,25	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	2.025,76	1,04	85%	2.979,45	7.019,95	1,47	€ 1.042,81
	Lead time	2,00	2,06	98%	5.901,61	9.942,10	2,92	€ 2.065,56
	Valore	€ 0,35	3,00	99,8%	8.594,57	12.635,07	4,25	€ 3.008,10

Figura 7.7: Estratto della tabella con i risultati del dimensionamento dei livelli di riordino per i codici d'acquisto da gestire a scorta.

Concludiamo il paragrafo con un'osservazione sull'impatto dei lead time di fornitura sulla gestione dei codici di acquisto. È già stato osservato che, la riduzione dei tempi di fornitura, permetterebbe di passare dalla gestione a scorta alla gestione a fabbisogno per alcuni articoli, con i vantaggi descritti. La riduzione dei tempi di fornitura tuttavia introduce dei vantaggi notevoli anche nella gestione a scorta. Infatti, riscrivendo l'equazione utilizzata per il dimensionamento dei livelli di riordino, esplicitando anche sulle scorte di sicurezza il tempo di fornitura, si ottiene la seguente espressione:

$$R = LT \cdot d + k \cdot \frac{\sqrt{LT}}{\sqrt{6}} \cdot \sigma$$

Si può pertanto osservare che, a parità di consumo medio giornaliero, all'aumentare del lead time di fornitura aumenta il livello di riordino R, e dunque l'entità della giacenza media che è necessario tenere a magazzino. Questo perché da un lato aumenta la quantità necessaria per tutelare il sistema dal consumo durante il tempo di fornitura, dall'altro aumenta l'entità della scorta di sicurezza, in quanto all'aumentare dell'intervallo preso in considerazione aumenta anche la variabilità a questo associato. Pertanto, riducendo i tempi di fornitura si riesce a ridurre l'impatto economico della gestione a scorta, e questo beneficio sarà tanto più evidente quanto maggiore è il valore d'impiego dell'articolo considerato.

7.6 Calcolo dei lotti economici d'acquisto

L'obiettivo di questo paragrafo è la determinazione dei lotti economici (EOQ) di acquisto per gli articoli analizzati nei paragrafi precedenti, tramite il modello di Harris descritto nel paragrafo 3.4. L'EOQ rappresenta la quantità di riordino che permette di minimizzare il costo totale associato all'ordine, somma dei costi di emissione e di mantenimento. Diventa pertanto fondamentale conoscere questo valore in modo da avere un riferimento rispetto al quale orientare la scelta dei lotti di riordino per i vari codici di acquisto per ottenere un sistema di gestione più efficiente.

Il modello utilizzato determina la dimensione del lotto economico di acquisto attraverso la seguente equazione:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot k}{v \cdot i}}$$

La prima fase per l'applicazione del modello pertanto è stata quella della determinazione dei vari parametri di input:

1. Per quanto riguarda la domanda annuale D questa è stata stimata a partire dalla domanda media mensile registrata nel periodo di analisi. Come detto nel paragrafo precedente, i dati relativi al consumo dei codici di acquisto fanno riferimento al periodo che va da luglio 2019 a gennaio 2020. Dunque, sono stati calcolati i consumi mensili Q_i per ognuno degli articoli considerati, dai quali poi è stato ricavato un consumo mensile medio $Q_{MENSILE}$, calcolato sulla base dei 7 mesi analizzati. Questo infine è stato proiettato su base annua moltiplicandolo per 12, ossia per il numero di mensilità in un anno, determinando così il consumo annuale medio:

$$Q_{ANNUALE} = \bar{Q}_{MENSILE} \cdot 12 = \left(\frac{\sum_{i=1}^7 Q_i}{7} \right) \cdot 12$$

2. Per quanto riguarda il costo unitario di emissione dell'ordine k si ha che questo, come spiegato nel paragrafo 3.3.2, è costituito da due componenti che sono: il costo amministrativo e il costo di trasporto. Dall'analisi delle fatture dei fornitori relative al 2019 è emerso che, in tutti i casi analizzati, i fornitori non addebitano costi logistici a Stuzzità. Ne segue pertanto che il costo di emissione

risulta essere pari alla sola componente del costo amministrativo, per il quale è stato assunto un valore di 20 €. Questo è stato ricavato valorizzando al costo orario medio del personale il tempo medio necessario alla funzione preposta per lo svolgimento di tutte le operazioni necessarie all'emissione dell'ordine. Si osserva che il valore così ottenuto è coerente con i valori medi che si trovano in letteratura.

3. Il valore unitario della merce v è lo stesso utilizzato per le analisi ABC condotte nel paragrafo 7.2: coincide con il costo d'acquisto medio delle materie prime ricavato dalle fatture dei fornitori del 2019.
4. Infine, il valore del tasso annuo di mantenimento delle scorte i è stato assunto pari al 15%. Questo valore è stato determinato sulla base delle considerazioni proposte in letteratura in merito a questo tema, le quali, come può essere osservato nella tabella 7.7, riportano che i costi di mantenimento hanno un impatto che va dal 15% al 42% rispetto al valore complessivo delle scorte.

Tabella 7.7: La tabella riporta l'incidenza delle componenti del costo di giacenza sul valore totale della scorta (De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Iseidi, Torino.)

Categoria di costo	Costo come percentuale del valore della scorta
Costi di magazzino (affitto, deprezzamento, tasse, gestione del magazzino...)	3%-10%
Costi di movimentazione dei materiali (costi per attrezzature, costi operativi...)	1%-4%
Costi di lavoro extra-movimentazione	3%-5%
Costi di investimento (tasse, interessi, assicurazioni...)	6%-18%
Furti, obsolescenza, deperibilità	2%-5%
Totale costo di giacenza	15%-42%

Il magazzino materie prime di Stuzzità è molto semplice: il numero di codici di acquisto gestiti è ridotto e non sono presenti sistemi di movimentazione e stoccaggio, particolarmente impattanti a livello economico. Infatti, i materiali vengono movimentati manualmente dagli operatori tramite transpallet elettrici e sono stoccati su scaffalature a parete. Inoltre, anche l'impatto dei costi di investimento è ridotto, in quanto in generale non si hanno materiali a valore unitario particolarmente elevato. Pertanto, un valore di i del 15% è stato ritenuto idoneo a rappresentare la situazione analizzata.

Prima di passare alla descrizione dei risultati ottenuti vale la pena ricordare che la formulazione del lotto economico di acquisto è robusta, in quanto risulta poco sensibile alle variazioni dei parametri di input. Infatti, la funzione di costo totale risulta essere molto piatta in corrispondenza del punto di minimo, e pertanto errori di stima in eccesso o in difetto dei parametri non comportano grandi effetti sul costo totale: si dimostra che a fronte di un aumento del 10% nel dimensionamento del lotto economico, la variazione sul costo totale si riduce ad uno 0.45%. Questa evidenza

giustifica l'approccio utilizzato per la determinazione della domanda su base annua e la stima del valore di i sulla base di dati ricavati dalla letteratura.

Dunque, una volta determinati tutti i parametri l'equazione del EOQ è stata applicata a tutti i codici di acquisto analizzati tramite un foglio di calcolo Excel opportunamente progettato. I risultati ottenuti sono riportati in appendice C (tabella C.8), della quale si riporta un estratto in figura 7.8. Oltre al valore del lotto economico, anche in questo caso sono stati calcolati altri parametri per valutare la fattibilità dei risultati:

- L'indice di copertura medio settimanale IC il quale, sulla base del consumo medio settimanale ricavato dai dati storici, permette di valutare la copertura media associata ad un lotto di riordino di dimensioni pari a quelle del lotto economico. Questo parametro è fondamentale per considerare la fattibilità dell'applicazione dei lotti economici: infatti, se la copertura media garantita dal EOQ non è compatibile con la vita utile della merce, allora non sarà possibile ordinare per lotti economici. L'indice di copertura tuttavia non è l'unico parametro che determina la fattibilità dei risultati, in quanto devono essere prese in considerazione altre variabili, fra le quali ricordiamo la disponibilità dei fornitori sulla scelta delle dimensioni del lotto di riordino, e la capacità di stoccaggio del magazzino

- Il numero medio di ordini all'anno che dovranno essere emessi per coprire il fabbisogno medio annuale, ordinando per quantità pari a quelle del lotto economico di acquisto

- Infine, l'ultimo parametro calcolato è il costo totale annuale associato all'ordine, dato dalla somma del costo di emissione e di mantenimento delle merci, che sarà quello minimo realizzabile

Articolo	v	D	K	i	EOQ	IC	N° ordini anno	Costo totale
410.530.00020	€ 2,94	290,74	€ 20,00	0,15	162,39	27,12	1,79	€ 71,61
410.550.00008	€ 36,33	18,53	€ 20,00	0,15	11,66	31,69	1,59	€ 63,55
400.510.00001	€ 3,73	214,29	€ 20,00	0,15	123,77	29,29	1,73	€ 69,25
400.510.00002	€ 3,08	107,14	€ 20,00	0,15	96,31	45,58	1,11	€ 44,50
599.600.00006	€ 1,44	69.867,00	€ 20,00	0,15	3.596,99	2,72	19,42	€ 776,95
430.650.00002	€ 4,40	37.591,20	€ 20,00	0,15	1.509,39	2,12	24,90	€ 996,20
410.550.00001	€ 3,10	13.991,14	€ 20,00	0,15	1.097,06	4,14	12,75	€ 510,13
599.600.00023	€ 7,05	26,06	€ 20,00	0,15	31,39	64,03	0,83	€ 33,20
599.600.00009	€ 3,88	62,14	€ 20,00	0,15	65,35	49,11	0,95	€ 38,04
410.530.00010	€ 1,25	54,72	€ 20,00	0,15	108,04	104,93	0,51	€ 20,26
410.550.00002	€ 3,80	406,29	€ 20,00	0,15	168,85	22,27	2,41	€ 96,25
400.510.00007	€ 2,10	7.985,57	€ 20,00	0,15	1.007,00	6,38	7,93	€ 317,20
410.550.00009	€ 3,30	49,71	€ 20,00	0,15	63,38	59,54	0,78	€ 31,37
400.500.00002	€ 0,35	615.173,42	€ 20,00	0,15	21.649,56	1,79	28,42	€ 1.136,60
400.500.00008	€ 2,85	5.357,14	€ 20,00	0,15	707,99	6,70	7,57	€ 302,67
400.500.00013	€ 0,73	2.402,57	€ 20,00	0,15	940,06	20,75	2,56	€ 102,23
400.500.00006	€ 0,92	792,86	€ 20,00	0,15	479,39	30,02	1,65	€ 66,16
400.500.00009	€ 1,40	5.357,14	€ 20,00	0,15	1.010,15	9,56	5,30	€ 212,13
400.500.00011	€ 0,49	792,86	€ 20,00	0,15	656,88	41,14	1,21	€ 48,28
400.500.00010	€ 0,93	1.707,43	€ 20,00	0,15	701,59	21,07	2,43	€ 97,35
400.500.00007	€ 1,07	987,43	€ 20,00	0,15	496,85	24,05	1,99	€ 79,50
400.500.00004	€ 0,48	11.498,57	€ 20,00	0,15	2.527,47	10,06	4,55	€ 181,98
410.570.00001	€ 0,85	792,86	€ 20,00	0,15	498,74	31,23	1,59	€ 63,59

Figura 7.8: Estratto dei risultati della determinazione dei lotti economici di acquisto.

Il confronto tra i risultati ottenuti e i lotti di riordino attualmente utilizzati mette in evidenza diverse situazioni:

- Per quanto riguarda gli articoli che devono essere gestiti a scorta, si hanno delle situazioni nelle quali i lotti di riordino mediamente utilizzati sono molto vicini alla condizione di EOQ. È il caso di codici come il “410.550.00001” (lotto di riordino 1.000 Kg, lotto economico 1.097 Kg), “410.520.00003” (lotto di riordino 1.000 l, lotto economico 1.422 l), il “410.540.00001” (lotto di riordino 4.000 Kg, lotto economico 3.352 Kg) e il “599.600.00013” (lotto di riordino 5.000 Kg, lotto economico 5.329 Kg).

In altri casi si hanno lotti medi di riordino maggiori rispetto alle quantità prescritte dal modello del lotto economico, per i quali quindi si avrà un costo totale associato all'ordine maggiore di quello minimo. Come può essere osservato dalla grafico in figura 7.9, in queste situazioni la gestione attuale “sta a destra rispetto alla condizione di EOQ”: si osserva che il maggiore costo totale associato all'ordine è dovuto ai maggiori costi di mantenimento rispetto a quelli che si avrebbero nella condizione ottimale. I costi di emissione invece risultano essere minori di quelli che si avrebbero nel punto di minimo, perché risulta essere minore il numero di ordini che sarà necessario emettere al fornitore.

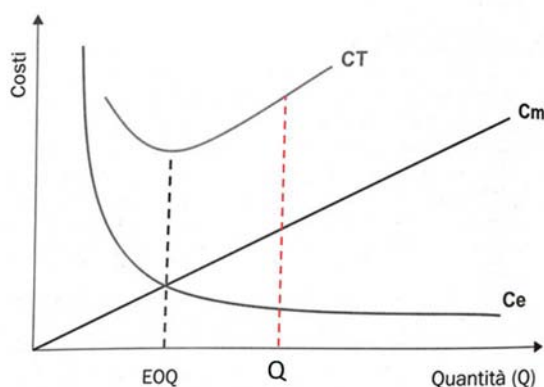


Figura 7.9: Rappresentazione schematica delle situazioni in cui il lotto medio di riordino è maggiore rispetto al lotto economico.

Si trovano in questa condizione codici come il “599.600.00006” (lotto di riordino 5.760 Kg, lotto economico 3.596 Kg) e la “400.500.00012” (lotto di riordino 20.000 Kg, lotto economico 10.505 Kg).

Tuttavia, la situazione che si manifesta per la maggiore è quella in cui il lotto di riordino medio è inferiore rispetto al lotto economico di acquisto. In questi casi ci si trova “a sinistra della condizione di EOQ”, come può essere osservato in figura 7.10. Il costo totale associato all'ordine risulta essere maggiore in quanto si hanno maggiori costi di emissione di quelli che si avrebbero nella condizione ottimale, infatti su base annua sarà maggiore il numero di ordini necessari rispetto a quelli che si avrebbero riordinando per lotti economici. Va comunque specificato che per questa categoria di articoli non sempre il riordino per lotti economici risulta essere fattibile: ad esempio per i codici “430.670.00003” e “410.530.00019” il lotto economico garantirebbe una copertura media di 5 e 11 settimane rispettivamente,

che non è compatibile con la vita media con cui questi articoli vengono solitamente forniti che è di 4 settimane. Dunque, la condizione di EOQ introdurrebbe un elevato rischio di deperimento delle merci. Invece, per codici come le farine l'utilizzo di lotti economici non risulta fattibile per questioni di carattere logistico. Questo infatti porterebbe alla saturazione della capacità di stoccaggio del magazzino, con conseguenti difficoltà logistiche di movimentazione dei materiali e maggiori rischi di danneggiamento delle merci.

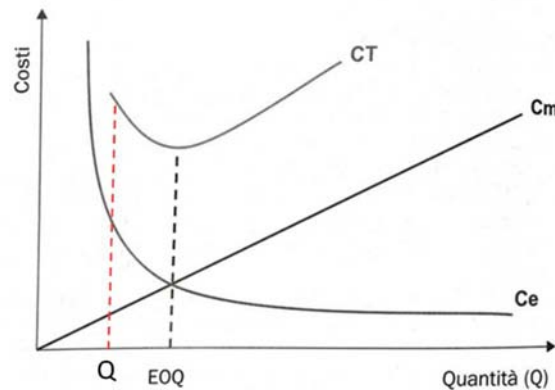


Figura 7.10: Rappresentazione schematica della situazione in cui il lotto di riordino è inferiore rispetto al lotto economico.

- Per quanto riguarda gli articoli gestiti a fabbisogno si ha che circa nel 50% dei casi analizzati la dimensione media dei lotti di riordino utilizzati risulta compatibile con quella ottenuta dal modello del lotto economico. Ad esempio, considerando il codice “410.550.00002” si ha che il lotto medio di riordino è di 100 Kg rispetto ad un lotto economico di 168 Kg, mentre per il codice “410.550.00006” si ha un lotto medio di riordino di 20 Kg, rispetto ad un lotto economico di 38 Kg. Negli altri 8 casi analizzati il riordino per lotti economici non risulta fattibile, in quanto l'EOQ risulta essere molto maggiore al fabbisogno medio. Prendendo in considerazione, ad esempio, il codice “430.690.00001” si ha un lotto di riordino medio di 90 Kg contro la dimensione del lotto economico di 1.185 Kg. Analoga situazione si ha per il codice “410.560.00002”: il lotto di riordino medio di 40 Kg è molto lontano dalla dimensione del lotto economico di 1.462 Kg. Per questi articoli pertanto si avrà una condizione in cui il costo totale di emissione degli ordini sarà maggiore di quello minimo realizzabile con la condizione del EOQ. Si avranno infatti maggiori costi di emissione in quanto, a causa dei lotti di riordino più piccoli del EOQ, sarà necessario un numero maggiore di ordini su base annua. Tuttavia, i costi di mantenimento saranno minori di quelli stimati con il modello del lotto economico: ordinando per quantità molto vicine a quelle necessarie per soddisfare il fabbisogno, la giacenza di materiale mediamente presente a magazzino sarà minore di quella stimata dal modello del lotto economico, che considera quest'ultima pari a metà del lotto di riordino medio. Pertanto, per questi articoli la convenienza economica della gestione si realizza anche per lotti inferiori rispetto a quelli forniti dal modello EOQ.

Chiudiamo il capitolo con una considerazione generale sull'utilizzo dei risultati ottenuti. Come ben spiegato nel paragrafo 3.4, il modello del lotto economico è stato formulato sulla base di alcune ipotesi che introducono delle semplificazioni rispetto alla realtà operativa. Ad esempio, non vengono prese in considerazione possibili variazioni della domanda nel tempo, non vengono considerati vincoli riguardanti la capacità dei magazzini e non vengono considerate le possibili variazioni dei costi delle merci che si hanno in funzione delle quantità di riordino (sconti quantità). È fondamentale prendere in considerazione questi aspetti per fare una corretta interpretazione ed un corretto utilizzo dei risultati forniti dal modello del lotto economico. I valori che si ottengono infatti non devono essere assunti come condizione assoluta da realizzare per l'ottimizzazione del sistema di gestione, ma vanno considerati come riferimenti per identificare le direzioni di miglioramento rispetto alla condizione attuale.

7.7 Introduzione alla gestione informatizzata del magazzino

Il percorso di miglioramento progettato nell'ambito del sistema di gestione delle materie prime prevede anche l'implementazione delle procedure informatizzate per la gestione del magazzino presenti all'interno del gestionale e-Solver. Questo paragrafo pertanto è dedicato alla descrizione sintetica di quanto fatto in questo contesto.

Come accennato nell'introduzione, attualmente e-Solver viene utilizzato esclusivamente per la gestione dei dati di contabilità. Il software tuttavia dispone di una sezione apposita di funzionalità per la gestione e il monitoraggio dei flussi di materiali nei magazzini. L'obiettivo pertanto è quello di rendere utilizzabili queste funzionalità in quanto permetterebbero di risolvere le criticità della gestione attuale legate all'utilizzo di strumenti manuali. Infatti, con le procedure di gestione del magazzino offerte dal gestionale diventano possibili:

1. Il monitoraggio corretto della disponibilità di magazzino, evitando che si creino delle incongruenze tra giacenza e disponibilità. Caricando gli ordini di produzione infatti, tramite le distinte base, il gestionale genera gli impegni di materie prime sulla base dei quali viene definita la "disponibilità di materie prime". Questa disponibilità viene poi confrontata con i punti di riordino per l'emissione di eventuali proposte d'acquisto. Una volta che gli ordini di produzione vengono chiusi, il sistema procede in automatico all'aggiornamento delle giacenze: il magazzino materie prime viene scaricato, e allo stesso tempo vengono aggiornati i valori dei magazzini dei semilavorati e dei prodotti finiti. Pertanto, viene a meno la necessità di effettuare il controllo inventariale quotidiano che, oltre ad essere dispendioso in termini di tempo e quindi di denaro, risulta essere anche poco efficiente per i motivi già visti.
2. L'utilizzo delle liste di prelievo per la produzione giornaliera. Queste rappresentano uno strumento fondamentale: da un lato permettono di aumentare l'efficienza della logistica interna in quanto, identificando il fabbisogno giornaliero complessivo, permettono di minimizzare i viaggi degli operatori dalla produzione al magazzino per l'approvvigionamento, dall'altro rendono possibile il monitoraggio dei consumi effettivi di materie prime.

3. L'utilizzo della procedura informatizzata dell'MRP per il calcolo dei fabbisogni netti dei codici gestiti a fabbisogno e per la verifica di fattibilità dei piani di produzione, riducendo il tempo e gli errori connessi alle procedure manuali attualmente utilizzati.

Tuttavia, per attivare le procedure descritte è necessario raccogliere ed inserire nel database del gestionale tutta una serie di dati per la corretta definizione delle anagrafiche degli articoli e dei fornitori. È proprio su questa fase di raccolta dati e di aggiornamento delle anagrafiche che si è concentrato il progetto di tesi.

Il primo step della raccolta dati ha riguardato la revisione delle anagrafiche dei materiali d'acquisto e dei fornitori.

Per quanto riguarda l'anagrafica dei codici d'acquisto si ha che quest'ultima è stata rivista e aggiornata con i codici d'acquisto attualmente utilizzati in azienda. L'anagrafica aggiornata è stata utilizzata per stampare i cartellini del magazzino materie prime che individuano la posizione della merce nelle scaffalature, e per aggiornare il foglio utilizzato per la lista inventariale giornaliera. Nel foglio iniziale infatti i vari codici di acquisto erano riportati con una nomenclatura non standardizzata e non vi era corrispondenza con i cartellini utilizzati nel magazzino. Questo approccio era causa di errori e confusione nel flusso di informazioni tra le varie funzioni aziendali. Con la revisione del foglio e dei cartellini identificativi di magazzino invece si è creata una nomenclatura standardizzata e una corrispondenza tra i nomi della lista e i cartellini di magazzino che prima non esisteva.

Per quanto riguarda la revisione dell'anagrafica dei fornitori, anche in questo caso sono stati identificati tutti i fornitori attivi e per ognuno di questi è stato creato il listino di acquisto. La creazione del listino fornitore all'interno di e-Solver permette da un lato di individuare le merci acquistate per ogni singolo fornitore con i relativi costi, dall'altro di registrare gli ordini di acquisto all'interno del gestionale con l'emissione del relativo DDT. Questa registrazione è fondamentale in quanto è necessaria per la procedura di carico del magazzino virtuale delle materie prime al momento della ricezione delle merci. Prima dell'aggiornamento, gli ordini venivano fatti tramite e-mail o telefonicamente ma senza l'emissione del DDT e senza la registrazione all'interno del gestionale. Pertanto, non era possibile aggiornare la giacenza del magazzino virtuale al momento della ricezione della merce e i DDT non venivano emessi per tutti gli ordini. Con l'implementazione della procedura, da un lato è possibile attivare la procedura di carico del magazzino materie prime, dall'altra si ottiene una standardizzazione del flusso di informazioni relative agli ordini verso i fornitori.

Il secondo step della fase di raccolta dati ha riguardato invece la revisione e l'inserimento delle distinte base per i vari codici di produzione. Le distinte base sono fondamentali in quanto rappresentano lo strumento mediante il quale il software, sulla base degli ordini di produzione, determina gli impegni e i consumi di materiali nei vari magazzini. Questo calcolo è reso possibile dalla presenza dei "coefficienti di impiego" che definiscono le quantità necessarie di codici figli per la produzione di una determinata quantità di codice padre. Pertanto, i coefficienti di impiego che determinano l'utilizzo degli ingredienti sono stati ricavati dalle relazioni quantitative definite dalle ricette, mentre quelli che determinano l'utilizzo di materiale di imballaggio sono stati ricavati dall'analisi della composizione degli imballaggi delle varie tipologie di prodotti finiti.

Una volta completata la fase di raccolta dati, lo step successivo è stato quello di identificare e definire la procedura da utilizzare per le fasi di carico e scarico dei

magazzini. La procedura definita è schematizzata sinteticamente in figura 7.11 e prevede i seguenti passaggi:



Figura 7.11: Rappresentazione schematica delle fasi della procedura di carico e scarico dei magazzini e di avanzamento degli ordini di produzione all'interno del gestionale. Le frecce in verde indicano il carico del magazzino, quelle rosse lo scarico associati alle operazioni indicate.

1. Caricamento degli ordini di produzione all'interno del gestionale

Con questa prima operazione vengono caricati nel gestionale gli ordini di produzione pianificati, sulla base dei quali il sistema genera gli "impegni di materie prime". La determinazione degli impegni di materie prime è fondamentale in quanto da un lato permette di fare una verifica rapida della fattibilità degli ordini di produzione lanciati in termini di disponibilità di materiali, dall'altro permette di individuare la disponibilità effettiva dei materiali a magazzino. Si comprende che, maggiore è l'intervallo di pianificazione, maggiore sarà l'intervallo temporale coperto dagli ordini caricati sul gestionale e dunque maggiore sarà l'accuratezza con cui si riuscirà a gestire il sistema di approvvigionamento. Infatti, ampliando l'intervallo di pianificazione della produzione diventa possibile proiettare su un intervallo più esteso anche l'impegno delle materie prime, e pertanto diventa più facile e più efficiente anche la pianificazione degli approvvigionamenti. Inserendo il tipo di gestione da utilizzare (a scorta o a fabbisogno) per ognuno dei codici d'acquisto con i relativi parametri gestionali, il sistema elabora in automatico le proposte di approvvigionamento. Tuttavia, questa procedura è stata momentaneamente messa in standby e verrà attivata solamente al termine della fase di rodaggio del sistema, quando gli operatori avranno preso confidenza con le procedure descritte.

Va detto infine che partire dagli ordini di produzione caricati nel gestionale diventa possibile anche l'emissione delle liste di prelievo giornaliera.

2. Avanzamento degli ordini di produzione

Al completamento dell'ordine di produzione, questo viene avanzato di fase all'interno del gestionale. L'avanzamento dell'ordine di produzione genera in automatico, tramite le distinte base, la rettifica dei livelli di giacenza nei due magazzini principali creati, che sono quello delle materie prime e dei prodotti finiti.

3. Spedizione dei prodotti finiti

Nel momento in cui viene creato il DDT di spedizione al magazzino esterno o al cliente finale, il sistema scarica il magazzino prodotto finito chiudendo così l'intero ciclo di produzione.

4. Caricamento del magazzino materie prime

Per quanto riguarda il caricamento del magazzino materie prime, come accennato prima, questo viene fatto tramite la chiusura dell'ordine al fornitore, che deve essere stato opportunamente registrato al momento dell'emissione.

Concludiamo il paragrafo specificando che la procedura definita deve essere sottoposta ad un periodo di rodaggio necessario sia agli operatori per prendere confidenza con il nuovo approccio basato sull'utilizzo del gestionale, sia per identificare eventuali errori del sistema, soprattutto nel carico e scarico dei magazzini. Una volta passata la fase di prova, la procedura potrà essere utilizzata per sostituire completamente quella attualmente utilizzata per la gestione del magazzino, e potrà essere completata con l'inserimento della funzione delle proposte di riordino.

8. Conclusioni

In questo paragrafo verranno richiamati sinteticamente i temi affrontati in questo progetto di tesi evidenziando i principali risultati ottenuti e i possibili sviluppi futuri.

Il primo tema analizzato è quello della revisione delle logiche di risposta al mercato, affrontato nel capitolo 5. Dall'analisi condotta è emerso che la logica di risposta Make to order prevalentemente utilizzata dall'azienda risulta essere critica per tre motivi principali legati fra di loro:

1. in primo luogo, causa una riduzione dell'intervallo di pianificazione, in quanto si attende l'ordine del cliente per la definizione degli ordini di produzione
2. in secondo luogo, rende il sistema fortemente sensibile alle variazioni di mercato, aumentando così i rischi di stock out e rendendo difficile il livellamento dei carichi di lavoro
3. il terzo motivo, che non è altro che la conseguenza dei primi due, è la difficoltà nell'ottimizzare i vincoli di produzione. Infatti, il ridotto intervallo temporale di pianificazione combinato con la forte sensibilità al mercato riducono notevolmente i margini nella scelta dei volumi, dei mix produttivi e nella schedulazione degli ordini

Il risultato è che si ha un sistema produttivo poco efficiente, costretto a schedulazioni complesse per l'evasione degli ordini, le quali non permettono di ottimizzare la capacità produttiva disponibile.

La soluzione a questo tipo di situazione è stata individuata nella logica di risposta Make to stock: l'introduzione della produzione su previsione e delle scorte di prodotto finito rappresenta l'elemento chiave per disaccoppiare il sistema produttivo dal mercato, permettendo così da un lato di assorbire le fluttuazioni della domanda, dall'altro di gestire la produzione sulla base dei vincoli interni. Tuttavia, è stato necessario identificare i prodotti per i quali la gestione MTS risulti effettivamente vantaggiosa. Il modello utilizzato per l'individuazione ha preso in considerazione le tre variabili critiche:

- a) Ciclo vita del prodotto
- b) Impatto sul fatturato
- c) Frequenza di consumo

Sono risultati 25 articoli idonei alla gestione MTS e per questi sono state calcolate le scorte di sicurezza, le quali rappresentano i valori di scorta minimi da tenere a magazzino per ammortizzare la variabilità media della domanda di mercato. Quanto fatto permette di introdurre i seguenti miglioramenti nel sistema di pianificazione e controllo della produzione:

1. L'individuazione degli articoli idonei alla logica MTS e delle relative SS fornisce un criterio standardizzato per la gestione delle scorte. Questo permette, da un lato, di ottimizzare i costi di mantenimento, dall'altro di orientare il dimensionamento degli ordini di produzione in sede di pianificazione.
2. L'introduzione delle scorte di sicurezza opportunamente dimensionate disaccoppia il mercato dalla fase produttiva. Questo permette da un lato di gestire la pianificazione secondo logiche che guardano all'ottimizzazione dei

vincoli interni, dall'altro di tenere livelli di servizio a valori compresi tra l'85% e il 99,8%, aumentando così la reattività al mercato e riducendo i rischi di stockout.

Va specificato che la gestione MTS deve ancora entrare in funzionamento a pieno regime, e pertanto solo nei prossimi mesi l'azienda sarà in grado di valutare e quantificare in maniera più specifica i vantaggi descritti.

Il secondo tema analizzato è stato quello dell'ottimizzazione del processo di pianificazione e programmazione della produzione, affrontato nel capitolo 6.

L'analisi preliminare condotta ha evidenziato la presenza di un processo poco efficiente che rende dispendioso e complesso il lavoro quotidiano del responsabile di pianificazione della produzione. Mancano infatti criteri e procedure standardizzate per la schedulazione del lavoro nelle varie giornate lavorative. Per riuscire a risolvere questo tipo di criticità è stato proposto uno strumento proveniente dal mondo Lean: la tabella Heijunka. Sulla base della domanda settimanale media è stato dimensionato uno schema modulare per l'organizzazione della produzione che permette di ottenere i seguenti vantaggi:

1. Ampliamento dell'intervallo di pianificazione. Si passa ad un MPCS a due orizzonti temporali: quello settimanale di medio termine, e quello giornaliero di breve termine. Questa struttura, favorendo una miglior coordinazione tra i sistemi di gestione della produzione, degli approvvigionamenti e della logistica, permette di ottenere una pianificazione più efficiente.
2. Aumento dell'efficienza del sistema produttivo. La possibilità di pianificare la produzione su un orizzonte temporale più esteso, quello settimanale, offre maggiori margini di scelta nella schedulazione dei lotti di produzione e nell'organizzazione delle squadre di lavoro.
Questo approccio permette pertanto di creare uno schema di gestione che:
 - a. Ottimizza la capacità produttiva disponibile: l'impatto settimanale dei tempi di changeover di tipo A è stato ridotto dal 1,5% allo 0,3%. Questo permette di recuperare settimanalmente un 1,2% di capacità produttiva nei reparti produttivi, il quale corrisponde, su base annua, ad un valore industriale di circa 45.000€. Si ottiene inoltre una saturazione media settimanale del 94% della capacità della sala impasti (che è il collo di bottiglia del sistema), e del 92% del numero di risorse disponibili.
 - b. Consente il livellamento dei carichi di lavoro e del surplus di capacità produttiva, sia rispetto ai giorni di lavoro sia rispetto alle linee produttive. In questo modo si rendono la pianificazione e il sistema produttivo più robusti ad eventuali imprevisti come fermi macchina, diminuzioni di efficienza, mancanze di energia, guasti, ritardi sulle forniture...
3. Ottimizzazione del processo di programmazione della produzione. Si ha uno schema di pianificazione che è replicabile nelle varie settimane, in quanto dimensionato su un valore medio della domanda settimanale (livello di copertura del 50%) e in modo da essere facilmente adattabile ad eventuali fluttuazioni di quest'ultima. Vi è infatti un surplus di capacità produttiva del 40% il quale permette di gestire il ripristino delle scorte di prodotto finito (è stato stimato che con questo surplus si è in grado di ripristinare le scorte di

sicurezza associate ad livello di servizio del 85% per tutti i 25 articoli da gestire a scorta) e il fabbisogno degli articoli da gestire con logica MTO (è stato stimato che questo richieda in media il 10% della capacità produttiva disponibile). Tuttavia, qualora fosse necessario intervenire sulla pianificazione settimanale, le modifiche risulterebbero facilmente attuabili per via della struttura modulare e flessibile dello schema.

Da quanto detto ne segue che il metodo di pianificazione proposto dovrebbe portare ad una notevole diminuzione del tempo necessario per la pianificazione giornaliera. In particolare, è stata stimata una riduzione del 50%, passando quindi da un tempo medio di due ore, ad un tempo medio di un'ora. Infatti, dal momento che tutte le operazioni di dimensionamento e schedulazione (le più onerose in termini di tempo) sono già state svolte in sede di definizione dell'Heijunka, la pianificazione giornaliera si riduce a semplici operazioni di verifica per la conferma di quanto previsto dalla pianificazione settimanale.

Infine, nel capitolo 7 è stato analizzato il sistema di gestione delle materie prime con l'obiettivo di individuare le logiche di gestione ottimali e di introdurre alla gestione informatizzata del magazzino.

Le logiche di gestione ottimali sono quelle che, adattandosi meglio al tipo di consumo dei codici di acquisto, permettono di tenere livelli di servizio elevati e allo stesso tempo di ridurre l'impatto economico del sistema di gestione degli approvvigionamenti.

Queste sono state individuate analizzando le caratteristiche di consumo dei vari codici (frequenza e variabilità): la gestione a scorta si adatta meglio ai casi con consumo regolare, mentre quella a fabbisogno a quelli con consumo sporadico. È emerso che su un totale di 78 codici analizzati, in 47 casi la gestione a scorta è quella ottimale. I restanti 31 casi si adattano meglio alla gestione a fabbisogno. Tuttavia, a causa dei tempi di fornitura non compatibili con i tempi di risposta al cliente, questa risulta fattibile solo in 14 casi. I restanti 17 casi devono essere quindi gestiti a scorta, contribuendo in maniera ingiustificata alla giacenza media settimanale, sulla quale hanno un impatto del 25%. Quindi, riducendo il tempo di fornitura (ad esempio cambiando fornitore o tramite accordi commerciali), la gestione a fabbisogno potrebbe essere applicata a tutti i 31 casi individuati, permettendo così una riduzione fino al 25% del capitale medio che settimanalmente è stoccato a magazzino, con la riduzione dei relativi costi di mantenimento.

Per quanto riguarda l'introduzione della gestione informatizzata, sono stati raccolti e inseriti nel gestionale e-Solver tutti quei dati necessari per l'avviamento delle procedure di gestione del magazzino materie prime. Le procedure sono state avviate e l'implementazione verrà completata nei prossimi mesi, dopo che la fase iniziale di rodaggio sarà completata con successo. L'utilizzo di procedure informatizzate per la gestione dei magazzini, e più in generale per la gestione dei materiali e della produzione, rappresenta uno dei temi fondamentali da approfondire nel futuro più prossimo. La gestione informatizzata infatti rappresenta uno strumento dalle grandi potenzialità, fondamentale per un'azienda come Stuzzità che sta ampliando il proprio mercato, la varietà di prodotti realizzati e aumentando i volumi produttivi. L'utilizzo dei gestionali informatici infatti garantisce una gestione snella dei flussi di informazioni che, pur essendo semplici da gestire manualmente quando il numero di codici di acquisto e di produzione è ridotto, possono diventare facilmente un fattore critico all'aumentare dei volumi e dei mix produttivi. Allo stesso tempo i gestionali informatici permettono di monitorare in maniera semplice parametri e costi di gestione, e rappresentano un

necessario strumento di coordinazione tra i sistemi di pianificazione della produzione, degli approvvigionamenti e della logistica.

Un altro tema fondamentale, che dovrà essere sviluppato in futuro, è quello della condivisione delle informazioni con i clienti circa le politiche di approvvigionamento, la cui importanza è emersa dalle dinamiche che si sono verificate nel periodo natalizio. Infatti, a metà dicembre i clienti principali hanno emesso, oltre ai normali ordini settimanali, anche gli ordini per tutto il periodo natalizio fino ai primi di gennaio, permettendo così di aumentare notevolmente l'intervallo di pianificazione. Questa dinamica, come ci si aspettava, si è rivelata molto positiva in quanto ha permesso di pianificare al meglio non solo la produzione, ma anche l'approvvigionamento di materie prime e la logistica. Il tema della condivisione di informazioni tra clienti e fornitori rappresenta quindi uno dei temi critici su cui è fondamentale che l'azienda si focalizzi in futuro, visto l'ampliamento del proprio mercato e l'aumento dei volumi di vendita, in quanto questo è uno dei mattoni più importanti per la realizzazione di un robusto sistema di previsione delle vendite. Tramite la condivisione delle informazioni con i clienti circa le politiche di approvvigionamento e i livelli di scorta nei magazzini, migliora la qualità delle previsioni di vendita e con esse l'efficienza di tutte le attività del sistema di pianificazione

Appendice A

Tavole di Miller per il test di Kolmogorov-Smirnov.

$n \backslash \alpha$	0.01	0.05	0.1	0.15	0.2
1	0.995	0.975	0.950	0.925	0.900
2	0.929	0.842	0.776	0.726	0.684
3	0.828	0.708	0.642	0.597	0.565
4	0.733	0.624	0.564	0.525	0.494
5	0.669	0.565	0.510	0.474	0.446
6	0.618	0.521	0.470	0.436	0.410
7	0.577	0.486	0.438	0.405	0.381
8	0.543	0.457	0.411	0.381	0.358
9	0.514	0.432	0.388	0.360	0.339
10	0.490	0.410	0.368	0.342	0.322
11	0.468	0.391	0.352	0.326	0.307
12	0.450	0.375	0.338	0.313	0.295
13	0.433	0.361	0.325	0.302	0.284
14	0.418	0.349	0.314	0.292	0.274
15	0.404	0.338	0.304	0.283	0.266
16	0.392	0.328	0.295	0.274	0.258
17	0.381	0.318	0.286	0.266	0.250
18	0.371	0.309	0.278	0.259	0.244
19	0.363	0.301	0.272	0.252	0.237
20	0.356	0.294	0.264	0.246	0.231
25	0.320	0.270	0.240	0.220	0.210
30	0.290	0.240	0.220	0.200	0.190
35	0.270	0.230	0.210	0.190	0.180
40	0.250	0.210	0.190	0.180	0.170
45	0.240	0.200	0.180	0.170	0.160
50	0.230	0.190	0.170	0.160	0.150
OVER 50	1.63	1.36	1.22	1.14	1.07
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

Appendice B

Tabella B.1: Risultati dell'analisi ABC sul fatturato.

N°	Articolo	Importo	Percentuale	Cumulata	Classe
1	PRODOTTO 1	€ 508.279,51	14,454%	14,454%	A
2	PRODOTTO 2	€ 399.364,56	11,357%	25,812%	A
3	PRODOTTO 3	€ 216.679,80	6,162%	31,974%	A
4	PRODOTTO 4	€ 202.058,70	5,746%	37,720%	A
5	PRODOTTO 5	€ 196.628,71	5,592%	43,312%	A
6	PRODOTTO 6	€ 156.710,45	4,457%	47,768%	A
7	PRODOTTO 7	€ 155.755,36	4,429%	52,197%	A
8	PRODOTTO 8	€ 132.549,62	3,769%	55,967%	A
9	PRODOTTO 9	€ 111.487,06	3,170%	59,137%	A
10	PRODOTTO 10	€ 103.753,36	2,951%	62,088%	B
11	PRODOTTO 11	€ 96.756,11	2,752%	64,839%	B
12	PRODOTTO 12	€ 90.773,93	2,581%	67,421%	B
13	PRODOTTO 13	€ 81.118,97	2,307%	69,728%	B
14	PRODOTTO 14	€ 78.020,60	2,219%	71,947%	B
15	PRODOTTO 15	€ 71.974,78	2,047%	73,993%	B
16	PRODOTTO 16	€ 63.283,66	1,800%	75,793%	B
17	PRODOTTO 17	€ 59.378,00	1,689%	77,482%	B
18	PRODOTTO 18	€ 58.664,40	1,668%	79,150%	B
19	PRODOTTO 19	€ 56.830,41	1,616%	80,766%	B
20	PRODOTTO 20	€ 54.002,73	1,536%	82,302%	B
21	PRODOTTO 21	€ 52.487,65	1,493%	83,794%	B
22	PRODOTTO 22	€ 50.658,29	1,441%	85,235%	B
23	PRODOTTO 23	€ 49.403,12	1,405%	86,640%	B
24	PRODOTTO 24	€ 44.159,77	1,256%	87,896%	B
25	PRODOTTO 25	€ 39.784,64	1,131%	89,027%	B
26	PRODOTTO 26	€ 38.479,08	1,094%	90,122%	C
27	PRODOTTO 27	€ 35.795,25	1,018%	91,139%	C
28	PRODOTTO 28	€ 26.972,00	0,767%	91,906%	C
29	PRODOTTO 29	€ 26.200,27	0,745%	92,652%	C
30	PRODOTTO 30	€ 19.788,05	0,563%	93,214%	C
31	PRODOTTO 31	€ 19.271,03	0,548%	93,762%	C
32	PRODOTTO 32	€ 18.748,16	0,533%	94,296%	C
33	PRODOTTO 33	€ 17.287,22	0,492%	94,787%	C
34	PRODOTTO 34	€ 15.986,55	0,455%	95,242%	C
35	PRODOTTO 35	€ 13.943,77	0,397%	95,638%	C
36	PRODOTTO 36	€ 13.818,59	0,393%	96,031%	C
37	PRODOTTO 37	€ 12.334,89	0,351%	96,382%	C
38	PRODOTTO 38	€ 11.462,86	0,326%	96,708%	C
39	PRODOTTO 39	€ 9.286,39	0,264%	96,972%	C
40	PRODOTTO 40	€ 9.213,89	0,262%	97,234%	C
41	PRODOTTO 41	€ 9.098,55	0,259%	97,493%	C
42	PRODOTTO 42	€ 8.323,76	0,237%	97,730%	C
43	PRODOTTO 43	€ 7.900,20	0,225%	97,954%	C
44	PRODOTTO 44	€ 7.792,27	0,222%	98,176%	C
45	PRODOTTO 45	€ 6.627,04	0,188%	98,364%	C
46	PRODOTTO 46	€ 5.600,98	0,159%	98,524%	C
47	PRODOTTO 47	€ 5.429,09	0,154%	98,678%	C
48	PRODOTTO 48	€ 4.777,02	0,136%	98,814%	C
49	PRODOTTO 49	€ 4.031,48	0,115%	98,928%	C
50	PRODOTTO 50	€ 3.772,34	0,107%	99,036%	C
51	PRODOTTO 51	€ 3.655,71	0,104%	99,140%	C
52	PRODOTTO 52	€ 3.277,01	0,093%	99,233%	C
53	PRODOTTO 53	€ 2.980,89	0,085%	99,318%	C
54	PRODOTTO 54	€ 2.748,31	0,078%	99,396%	C
55	PRODOTTO 55	€ 2.527,00	0,072%	99,468%	C
56	PRODOTTO 56	€ 2.318,71	0,066%	99,534%	C
57	PRODOTTO 57	€ 1.944,80	0,055%	99,589%	C
58	PRODOTTO 58	€ 1.816,32	0,052%	99,641%	C
59	PRODOTTO 59	€ 1.617,24	0,046%	99,687%	C
60	PRODOTTO 60	€ 1.248,90	0,036%	99,722%	C
61	PRODOTTO 61	€ 1.108,75	0,032%	99,754%	C
62	PRODOTTO 62	€ 1.059,25	0,030%	99,784%	C
63	PRODOTTO 63	€ 1.043,84	0,030%	99,813%	C
64	PRODOTTO 64	€ 915,80	0,026%	99,839%	C
65	PRODOTTO 65	€ 714,00	0,020%	99,860%	C
66	PRODOTTO 66	€ 656,25	0,019%	99,878%	C
67	PRODOTTO 67	€ 647,60	0,018%	99,897%	C
68	PRODOTTO 68	€ 603,89	0,017%	99,914%	C
69	PRODOTTO 69	€ 591,00	0,017%	99,931%	C
70	PRODOTTO 70	€ 487,26	0,014%	99,945%	C
71	PRODOTTO 71	€ 482,50	0,014%	99,958%	C
72	PRODOTTO 72	€ 461,76	0,013%	99,972%	C
73	PRODOTTO 73	€ 370,78	0,011%	99,982%	C
74	PRODOTTO 74	€ 341,17	0,010%	99,992%	C
75	PRODOTTO 75	€ 288,00	0,008%	100,000%	C
		€ 3.516.411,66			

Tabella B.2: Risultati dell'analisi ABC sui clienti.

N°	Cliente	Importo	Percentuale	Cumulata	Classe
1	CLIENTE 1	€ 1.414.799,45	40,21%	40,21%	A
2	CLIENTE 2	€ 575.488,57	16,36%	56,56%	A
3	CLIENTE 3	€ 392.152,09	11,14%	67,71%	B
4	CLIENTE 4	€ 246.741,94	7,01%	74,72%	B
5	CLIENTE 5	€ 191.780,18	5,45%	80,17%	B
6	CLIENTE 6	€ 164.511,84	4,68%	84,85%	B
7	CLIENTE 7	€ 155.755,36	4,43%	89,27%	B
8	CLIENTE 8	€ 90.171,80	2,56%	91,84%	C
9	CLIENTE 9	€ 59.378,00	1,69%	93,52%	C
10	CLIENTE 10	€ 41.552,68	1,18%	94,70%	C
11	CLIENTE 11	€ 37.041,72	1,05%	95,76%	C
12	CLIENTE 12	€ 26.972,00	0,77%	96,52%	C
13	CLIENTE 13	€ 19.788,00	0,56%	97,09%	C
14	CLIENTE 14	€ 12.953,04	0,37%	97,45%	C
15	CLIENTE 15	€ 12.790,80	0,36%	97,82%	C
16	CLIENTE 16	€ 11.093,90	0,32%	98,13%	C
17	CLIENTE 17	€ 5.552,00	0,16%	98,29%	C
18	CLIENTE 18	€ 5.484,61	0,16%	98,45%	C
19	CLIENTE 19	€ 5.188,46	0,15%	98,59%	C
20	CLIENTE 20	€ 5.040,00	0,14%	98,74%	C
21	CLIENTE 21	€ 4.543,00	0,13%	98,87%	C
22	CLIENTE 22	€ 3.940,92	0,11%	98,98%	C
23	CLIENTE 23	€ 2.952,71	0,08%	99,06%	C
24	CLIENTE 24	€ 2.702,09	0,08%	99,14%	C
25	CLIENTE 25	€ 2.689,95	0,08%	99,21%	C
26	CLIENTE 26	€ 2.609,10	0,07%	99,29%	C
27	CLIENTE 27	€ 2.472,34	0,07%	99,36%	C
28	CLIENTE 28	€ 2.430,81	0,07%	99,43%	C
29	CLIENTE 29	€ 2.382,57	0,07%	99,50%	C
30	CLIENTE 30	€ 2.318,71	0,07%	99,56%	C
31	CLIENTE 31	€ 2.118,06	0,06%	99,62%	C
32	CLIENTE 32	€ 1.882,07	0,05%	99,68%	C
33	CLIENTE 33	€ 1.483,39	0,04%	99,72%	C
34	CLIENTE 34	€ 1.479,54	0,04%	99,76%	C
35	CLIENTE 35	€ 1.417,78	0,04%	99,80%	C
36	CLIENTE 36	€ 1.323,44	0,04%	99,84%	C
37	CLIENTE 37	€ 1.196,00	0,03%	99,87%	C
38	CLIENTE 38	€ 1.054,20	0,03%	99,90%	C
39	CLIENTE 39	€ 998,75	0,03%	99,93%	C
40	CLIENTE 40	€ 808,00	0,02%	99,95%	C
41	CLIENTE 41	€ 799,15	0,02%	99,98%	C
42	CLIENTE 42	€ 682,00	0,02%	100,00%	C
43	CLIENTE 43	€ 121,63	0,00%	100,00%	C
44	CLIENTE 44	€ 30,72	0,00%	100,00%	C
45	CLIENTE 45	€ 15,48	0,00%	100,00%	C
		€ 3.518.688,85			

Tabella B.3: Modello di calcolo utilizzato per il confronto tra fabbisogni e disponibilità di capacità produttiva.

Prodotto Pane	Ordine		N° impasti necessari	Min sala impasti		Min formatura 1		Min formatura 2		Min farcitura		Min confezionamento	
	Scatole	Kg		min totali	min totali	min totali	min totali	min totali	min totali	min totali	min totali	min totali	min totali
PRODOTTO 1	182,87	1280,057692	8,61591712	215,497928	430,995856	430,995856	430,995856	430,995856	430,995856	430,995856	430,995856	430,995856	274,2980769
PRODOTTO 2	73,69	515,8461538	3,332339495	83,30848738	166,6169748	166,6169748	166,6169748	166,6169748	166,6169748	166,6169748	166,6169748	166,6169748	110,5384615
PRODOTTO 3	107,23	759,1938462	6,590224359	164,755609	329,5112179	329,5112179	329,5112179	329,5112179	329,5112179	329,5112179	329,5112179	329,5112179	160,8461538
PRODOTTO 4	186,46	1320,147692	8,577957715	214,4489429	428,8978857	428,8978857	428,8978857	428,8978857	428,8978857	428,8978857	428,8978857	428,8978857	279,6923077
PRODOTTO 5			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 6			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 7	66,15	463,0769231	3,156262543	78,91563106	236,7468932	236,7468932	236,7468932	236,7468932	236,7468932	236,7468932	236,7468932	236,7468932	90,96153846
PRODOTTO 8			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 9	56,62	396,3076923	2,685011465	67,12528664	134,2505733	134,2505733	134,2505733	134,2505733	134,2505733	134,2505733	134,2505733	134,2505733	170,3076923
PRODOTTO 10	113,77	796,3846154	5,23592778	130,8981945	314,1556668	314,1556668	314,1556668	314,1556668	314,1556668	314,1556668	314,1556668	314,1556668	184,875
PRODOTTO 11			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 12	228,58	1600,038462	11,39628534	284,9071335	569,8142669	569,8142669	569,8142669	569,8142669	569,8142669	569,8142669	569,8142669	569,8142669	485,7259615
PRODOTTO 13	142,88	1000,192308	6,812943474	170,4485869	409,0766085	409,0766085	409,0766085	409,0766085	409,0766085	409,0766085	409,0766085	409,0766085	214,3269231
PRODOTTO 14	448,62	3588,923077	23,59581247	589,8953118	1179,790624	1179,790624	1179,790624	1179,790624	1179,790624	1179,790624	1179,790624	1179,790624	616,8461538
PRODOTTO 15	229,44	1835,538462	13,07263577	326,8408941	993,5963182	993,5963182	993,5963182	993,5963182	993,5963182	993,5963182	993,5963182	993,5963182	487,5649038
PRODOTTO 16			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 17			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 18	45,63	365,0769231	2,303956948	62,59892371	190,3007281	190,3007281	190,3007281	190,3007281	190,3007281	190,3007281	190,3007281	190,3007281	85,56490385
PRODOTTO 19	48,50	388	2,461179698	66,5294246	133,0589849	133,0589849	133,0589849	133,0589849	133,0589849	133,0589849	133,0589849	133,0589849	72,75
PRODOTTO 20			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 21			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 22			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 23	100,00	700	4,369538077	109,2384519	524,3445693	524,3445693	524,3445693	524,3445693	524,3445693	524,3445693	524,3445693	524,3445693	162,5
PRODOTTO 24			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 25			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 26	77,75	233,25	1,464218456	36,60546139	527,1186441	527,1186441	527,1186441	527,1186441	527,1186441	527,1186441	527,1186441	527,1186441	113,3854167
PRODOTTO 27	61,00	183	1,148775895	28,71939736	413,559322	413,559322	413,559322	413,559322	413,559322	413,559322	413,559322	413,559322	88,95833333
PRODOTTO 28	154,62	6184,615385	4,499389499	112,4847375	787,3931624	787,3931624	787,3931624	787,3931624	787,3931624	787,3931624	787,3931624	787,3931624	208,7307692
PRODOTTO 29	37,94	151,7692308	1,139406639	28,48521599	136,7290367	136,7290367	136,7290367	136,7290367	136,7290367	136,7290367	136,7290367	136,7290367	56,91346154
PRODOTTO 30	93,83	562,9615385	2,085042735	52,12606838	250,2051282	250,2051282	250,2051282	250,2051282	250,2051282	250,2051282	250,2051282	250,2051282	140,7403846
PRODOTTO 31			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 32	43,94	263,6538462	0,976495726	24,41239316	117,1794872	117,1794872	117,1794872	117,1794872	117,1794872	117,1794872	117,1794872	117,1794872	65,91346154
PRODOTTO 33			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 34	32,31	1550,769231	1,62993763	40,74844075	203,7422037	203,7422037	203,7422037	203,7422037	203,7422037	203,7422037	203,7422037	203,7422037	109,0384615
PRODOTTO 35			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 36			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 37													
PRODOTTO 38	549,73	1649,192308	19,40226244	1164,135747	332,0361991	332,0361991	332,0361991	332,0361991	332,0361991	332,0361991	332,0361991	332,0361991	2638,707692
PRODOTTO 39	235,19	470,3846154	5,333936652	332,0361991	0	0	0	0	0	0	0	0	846,6923077
PRODOTTO 40			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODOTTO 41	26,65	31,96461538	0,376289593	22,57737557	20,56561086	20,56561086	20,56561086	20,56561086	20,56561086	20,56561086	20,56561086	20,56561086	102,3507692
PRODOTTO 42	9,71	29,13461538	0,342760181	20,56561086	0	0	0	0	0	0	0	0	37,29230769

Tabella B.4: Risultati del test KS, prima e dopo la fase di sales cleaning: la tabella riporta i valori statistici delle serie grezze e corrette, e gli intervalli di confidenza utilizzati per l'individuazione degli outliers.

Articolo	Dati serie grezze				Analisi normalità serie grezze				Intervallo confidenza		Dati serie corrette				Analisi normalità serie corrette			
	N° dati	μ	σ	Dmax	Limite	Dmax	Test	α	k	N° dati	μ	σ	Dmax	Limite	Dmax	Test	α	k
PRODOTTO 1	36,00	2.002,00	912,58	0,16	0,27	0,16	OK	0,01	1,96	36,00	1.841,81	569,48	0,06	0,27	0,06	OK	0,01	1,96
					0,23	0,16	OK	0,05	1,96					0,23	0,06	OK	0,05	1,96
					0,21	0,16	OK	0,1	1,96					0,21	0,06	OK	0,1	1,96
					0,19	0,16	OK	0,15	1,96					0,19	0,06	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 2	36,00	2.147,44	695,85	0,09	0,27	0,09	OK	0,01	1,96	36,00	2.129,41	549,96	0,08	0,27	0,08	OK	0,01	1,96
					0,23	0,09	OK	0,05	1,96					0,23	0,08	OK	0,05	1,96
					0,21	0,09	OK	0,1	1,96					0,21	0,08	OK	0,1	1,96
					0,19	0,09	OK	0,15	1,96					0,19	0,08	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 3	36,00	700,92	171,09	0,09	0,27	0,09	OK	0,01	1,96	36,00	700,63	142,70	0,11	0,27	0,11	OK	0,01	1,96
					0,23	0,09	OK	0,05	1,96					0,23	0,11	OK	0,05	1,96
					0,21	0,09	OK	0,1	1,96					0,21	0,11	OK	0,1	1,96
					0,19	0,09	OK	0,15	1,96					0,19	0,11	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 4	36,00	732,89	224,90	0,13	0,27	0,13	OK	0,01	1,96	36,00	699,38	168,36	0,09	0,27	0,09	OK	0,01	1,96
					0,23	0,13	OK	0,05	1,96					0,23	0,09	OK	0,05	1,96
					0,21	0,13	OK	0,1	1,96					0,21	0,09	OK	0,1	1,96
					0,19	0,13	OK	0,15	1,96					0,19	0,09	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 5	36,00	1.126,08	279,05	0,07	0,27	0,07	OK	0,01	1,96	36,00	1.124,06	195,17	0,09	0,27	0,09	OK	0,01	1,96
					0,23	0,07	OK	0,05	1,96					0,23	0,09	OK	0,05	1,96
					0,21	0,07	OK	0,1	1,96					0,21	0,09	OK	0,1	1,96
					0,19	0,07	OK	0,15	1,96					0,19	0,09	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 6	36,00	1.371,86	546,18	0,20	0,27	0,20	OK	0,01	1,96	36,00	1.287,13	382,74	0,15	0,27	0,15	OK	0,01	1,96
					0,23	0,20	OK	0,05	1,96					0,23	0,15	OK	0,05	1,96
					0,21	0,20	OK	0,1	1,96					0,21	0,15	OK	0,1	1,96
					0,19	0,20	OK	0,15	1,96					0,19	0,15	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 7	22,00	1.090,23	391,78	0,22	0,27	0,22	OK	0,01	1,96	22,00	999,11	221,62	0,15	0,27	0,15	OK	0,01	1,96
					0,23	0,22	OK	0,05	1,96					0,23	0,15	OK	0,05	1,96
					0,21	0,22	OK	0,1	1,96					0,21	0,15	OK	0,1	1,96
					0,19	0,22	OK	0,15	1,96					0,19	0,15	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 8	36,00	827,31	267,32	0,08	0,27	0,08	OK	0,01	1,96	36,00	825,93	223,66	0,09	0,27	0,09	OK	0,01	1,96
					0,23	0,08	OK	0,05	1,96					0,23	0,09	OK	0,05	1,96
					0,21	0,08	OK	0,1	1,96					0,21	0,09	OK	0,1	1,96
					0,19	0,08	OK	0,15	1,96					0,19	0,09	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 9	36,00	510,56	173,06	0,12	0,27	0,12	OK	0,01	1,96	36,00	512,03	143,45	0,11	0,27	0,11	OK	0,01	1,96
					0,23	0,12	OK	0,05	1,96					0,23	0,11	OK	0,05	1,96
					0,21	0,12	OK	0,1	1,96					0,21	0,11	OK	0,1	1,96
					0,19	0,12	OK	0,15	1,96					0,19	0,11	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 10	36,00	507,08	136,12	0,14	0,27	0,14	OK	0,01	1,96	36,00	488,37	107,98	0,11	0,27	0,11	OK	0,01	1,96
					0,23	0,14	OK	0,05	1,96					0,23	0,11	OK	0,05	1,96
					0,21	0,14	OK	0,1	1,96					0,21	0,11	OK	0,1	1,96
					0,19	0,14	OK	0,15	1,96					0,19	0,11	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 11	36,00	570,61	201,44	0,11	0,27	0,11	OK	0,01	1,96	36,00	557,71	185,06	0,08	0,27	0,08	OK	0,01	1,96
					0,23	0,11	OK	0,05	1,96					0,23	0,08	OK	0,05	1,96
					0,21	0,11	OK	0,1	1,96					0,21	0,08	OK	0,1	1,96
					0,19	0,11	OK	0,15	1,96					0,19	0,08	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 12	36,00	230,14	80,59	0,10	0,27	0,10	OK	0,01	1,96	36,00	230,14	80,59	0,10	0,27	0,10	OK	0,01	1,96
					0,23	0,10	OK	0,05	1,96					0,23	0,10	OK	0,05	1,96
					0,21	0,10	OK	0,1	1,96					0,21	0,10	OK	0,1	1,96
					0,19	0,10	OK	0,15	1,96					0,19	0,10	OK	0,15	1,96
PRODOTTO 13	36,00	497,97	187,52	0,12	0,27	0,12	OK	0,01	1,96	36,00	471,19	145,21	0,08	0,27	0,08	OK	0,01	1,96
					0,23	0,12	OK	0,05	1,96					0,23	0,08	OK	0,05	1,96
					0,21	0,12	OK	0,1	1,96					0,21	0,08	OK	0,1	1,96
					0,19	0,12	OK	0,15	1,96					0,19	0,08	OK	0,15	1,96

Tabella B.5: Risultati del dimensionamento delle scorte di sicurezza per i prodotti surgelati.

Articolo	K	LS	SS	IC	Valore	Costo mensile
PRODOTTO 2	1,04	85%	12	0,5	€ 1.975,04	€ 128,38
	2,06	98%	24	1,1	€ 3.950,07	€ 256,75
	3	99,80%	34	1,5	€ 5.595,94	€ 363,74
PRODOTTO 3	1,04	85%	3	0,4	€ 537,88	€ 34,96
	2,06	98%	6	0,8	€ 1.075,75	€ 69,92
	3	99,80%	9	1,2	€ 1.613,63	€ 104,89
PRODOTTO 4	1,04	85%	2	0,5	€ 561,41	€ 36,49
	2,06	98%	4	1,0	€ 1.122,82	€ 72,98
	3	99,80%	6	1,4	€ 1.684,23	€ 109,47
PRODOTTO 5	1,04	85%	4	0,4	€ 650,43	€ 42,28
	2,06	98%	8	0,7	€ 1.300,85	€ 84,56
	3	99,80%	12	1,0	€ 1.951,28	€ 126,83
PRODOTTO 6	1,04	85%	8	0,6	€ 1.019,28	€ 66,25
	2,06	98%	16	1,2	€ 2.038,56	€ 132,51
	3	99,80%	24	1,8	€ 3.057,84	€ 198,76
PRODOTTO 8	1,04	85%	5	0,6	€ 835,02	€ 54,28
	2,06	98%	10	1,1	€ 1.670,04	€ 108,55
	3	99,80%	14	1,6	€ 2.338,07	€ 151,97
PRODOTTO 9	1,04	85%	3	0,6	€ 604,55	€ 39,30
	2,06	98%	6	1,2	€ 1.209,10	€ 78,59
	3	99,80%	9	1,7	€ 1.813,65	€ 117,89
PRODOTTO 10	1,04	85%	2	0,5	€ 303,20	€ 19,71
	2,06	98%	5	0,9	€ 758,00	€ 49,27
	3	99,80%	7	1,3	€ 1.061,21	€ 68,98
PRODOTTO 11	1,04	85%	4	0,7	€ 609,49	€ 39,62
	2,06	98%	8	1,4	€ 1.218,98	€ 79,23
	3	99,80%	12	2,0	€ 1.828,47	€ 118,85
PRODOTTO 12	1,04	85%	2	0,7	€ 812,00	€ 52,78
	2,06	98%	3	1,4	€ 1.218,00	€ 79,17
	3	99,80%	5	2,1	€ 2.030,01	€ 131,95
PRODOTTO 13	1,04	85%	3	0,6	€ 795,71	€ 51,72
	2,06	98%	6	1,3	€ 1.591,42	€ 103,44
	3	99,80%	9	1,8	€ 2.387,12	€ 155,16
PRODOTTO 14	1,04	85%	1	1,1	€ 464,96	€ 30,22
	2,06	98%	2	2,1	€ 929,93	€ 60,45
	3	99,80%	3	3,1	€ 1.394,89	€ 90,67
PRODOTTO 15	1,04	85%	5	1,4	€ 771,82	€ 50,17
	2,06	98%	9	2,9	€ 1.389,27	€ 90,30
	3	99,80%	14	4,2	€ 2.161,08	€ 140,47
PRODOTTO 16	1,04	85%	1	1,2	€ 619,63	€ 40,28
	2,06	98%	2	2,3	€ 1.239,26	€ 80,55
	3	99,80%	3	3,4	€ 1.858,89	€ 120,83
PRODOTTO 18	1,04	85%	1	0,8	€ 572,49	€ 37,21
	2,06	98%	1	1,6	€ 572,49	€ 37,21
	3	99,80%	2	2,4	€ 1.144,98	€ 74,42
PRODOTTO 19	1,04	85%	4	1,3	€ 697,43	€ 45,33
	2,06	98%	7	2,6	€ 1.220,50	€ 79,33
	3	99,80%	11	3,8	€ 1.917,93	€ 124,67
PRODOTTO 20	1,04	85%	2	1,2	€ 879,63	€ 57,18
	2,06	98%	5	2,3	€ 2.199,06	€ 142,94
	3	99,80%	7	3,4	€ 3.078,69	€ 200,11
PRODOTTO 21	1,04	85%	3	0,9	€ 633,19	€ 41,16
	2,06	98%	5	1,9	€ 1.055,32	€ 68,60
	3	99,80%	7	2,7	€ 1.477,44	€ 96,03
PRODOTTO 24	1,04	85%	2	1,2	€ 897,28	€ 58,32
	2,06	98%	3	2,4	€ 1.345,92	€ 87,48
	3	99,80%	5	3,5	€ 2.243,20	€ 145,81
PRODOTTO 25	1,04	85%	2	0,7	€ 304,14	€ 19,77
	2,06	98%	4	1,3	€ 608,27	€ 39,54
	3	99,80%	5	1,9	€ 760,34	€ 49,42
PRODOTTO 27	1,04	85%	3	1,2	€ 529,30	€ 34,40
	2,06	98%	5	2,3	€ 882,17	€ 57,34
	3	99,80%	8	3,3	€ 1.411,46	€ 91,75

Tabella B.6: Risultati del dimensionamento delle scorte di sicurezza per i prodotti freschi.

Articolo	K	LS	SS	IC	Valore	Costo mantenimento mensile
PRODOTTO 1	1,04	85%	296	0,6	€ 2.770,03	€ 180,05
	2,06	98%	587	1,3	€ 5.493,26	€ 357,06
	3	99,80%	854	1,9	€ 7.991,90	€ 519,47
PRODOTTO 7	1,04	85%	115	0,5	€ 780,08	€ 50,71
	2,06	98%	228	0,9	€ 1.546,60	€ 100,53
	3	99,80%	332	1,3	€ 2.252,07	€ 146,38
PRODOTTO 39	1,04	85%	3	0,4	€ 28,68	€ 1,86
	2,06	98%	7	0,8	€ 66,92	€ 4,35
	3	99,80%	10	1,2	€ 95,60	€ 6,21
PRODOTTO 37	1,04	85%	40	1,2	€ 182,12	€ 11,84
	2,06	98%	78	2,4	€ 355,14	€ 23,08
	3	99,80%	114	3,5	€ 519,06	€ 33,74

Appendice C

Tabella C.1: Risultati dell'analisi ABC sulla giacenza media valorizzata.

N° Articolo	Media settimanale	Prezzo d'acquisto	Giacenza valorizzata	Percentuale	Cumulata	Classe giacenza
1 610.840.00001	12.484,81	€ 0,57	€ 7.078,89	10,62%	10,62%	A
2 400.500.00012	13.667,84	€ 0,45	€ 6.150,53	9,23%	19,85%	A
3 410.520.00002	4.829,20	€ 1,08	€ 5.215,53	7,83%	27,68%	A
4 599.600.00006	2.418,72	€ 1,44	€ 3.482,95	5,23%	32,91%	A
5 400.500.00002	9.645,29	€ 0,35	€ 3.375,85	5,07%	37,97%	A
6 410.550.00001	932,03	€ 3,10	€ 2.889,31	4,34%	42,31%	A
7 400.510.00020	817,48	€ 3,30	€ 2.697,67	4,05%	46,36%	A
8 400.500.00008	806,86	€ 2,85	€ 2.299,56	3,45%	49,81%	A
9 430.670.00001	618,88	€ 3,25	€ 2.011,35	3,02%	52,82%	A
10 610.830.00001	19.508,92	€ 0,09	€ 1.824,08	2,74%	55,56%	A
11 410.520.00003	751,99	€ 2,40	€ 1.804,78	2,71%	58,27%	A
12 610.840.00019	1.053,86	€ 1,52	€ 1.601,86	2,40%	60,67%	A
13 610.830.00010	19.331,82	€ 0,08	€ 1.577,48	2,37%	63,04%	A
14 430.670.00005	323,38	€ 4,30	€ 1.390,52	2,09%	65,13%	A
15 610.840.00032	3.425,62	€ 0,38	€ 1.301,73	1,95%	67,08%	A
16 430.650.00002	283,85	€ 4,40	€ 1.248,93	1,87%	68,96%	A
17 420.580.00001	333,78	€ 3,36	€ 1.120,85	1,68%	70,64%	B
18 610.840.00011	2.786,14	€ 0,38	€ 1.058,73	1,59%	72,23%	B
19 400.500.00009	738,07	€ 1,40	€ 1.033,30	1,55%	73,78%	B
20 410.540.00001	2.054,32	€ 0,43	€ 883,36	1,33%	75,10%	B
21 599.600.00010	1.166,93	€ 0,73	€ 851,86	1,28%	76,38%	B
22 430.690.00001	192,55	€ 4,36	€ 839,54	1,26%	77,64%	B
23 430.610.00005	188,01	€ 4,00	€ 752,05	1,13%	78,77%	B
24 430.610.00006	186,47	€ 3,70	€ 689,95	1,04%	79,80%	B
25 610.840.00007	2.784,47	€ 0,23	€ 640,43	0,96%	80,77%	B
26 410.530.00005	473,96	€ 1,30	€ 616,15	0,92%	81,69%	B
27 599.600.00013	3.968,43	€ 0,15	€ 595,26	0,89%	82,58%	B
28 610.840.00029	2.652,91	€ 0,20	€ 530,58	0,80%	83,38%	B
29 610.840.00012	48.036,86	€ 0,01	€ 528,41	0,79%	84,17%	B
30 410.520.00001	53,11	€ 9,85	€ 523,14	0,79%	84,96%	B
31 430.670.00003	380,35	€ 1,23	€ 467,83	0,70%	85,66%	B
32 410.530.00001	227,02	€ 1,85	€ 419,99	0,63%	86,29%	B
33 410.530.00014	136,03	€ 3,00	€ 408,08	0,61%	86,90%	B
34 430.610.00001	66,23	€ 5,90	€ 390,73	0,59%	87,49%	B
35 430.630.00001	266,73	€ 1,45	€ 386,76	0,58%	88,07%	B
36 410.550.00002	99,85	€ 3,80	€ 379,44	0,57%	88,64%	B
37 610.840.00005	1.643,06	€ 0,23	€ 377,90	0,57%	89,21%	B
38 610.830.00007	6.390,16	€ 0,06	€ 377,02	0,57%	89,77%	B
39 610.840.00027	1.087,27	€ 0,35	€ 375,11	0,56%	90,33%	C
40 400.510.00008	180,72	€ 2,07	€ 374,09	0,56%	90,90%	C
41 410.570.00004	161,74	€ 2,28	€ 368,77	0,55%	91,45%	C
42 400.510.00007	172,38	€ 2,10	€ 361,99	0,54%	91,99%	C
43 430.610.00003	60,65	€ 5,60	€ 339,65	0,51%	92,50%	C
44 410.520.00006	312,69	€ 0,99	€ 309,57	0,46%	92,97%	C
45 610.830.00009	1.155,53	€ 0,25	€ 288,88	0,43%	93,40%	C
46 410.530.00019	117,88	€ 2,38	€ 279,97	0,42%	93,82%	C
47 410.570.00005	170,94	€ 1,63	€ 278,63	0,42%	94,24%	C
48 400.500.00004	570,10	€ 0,48	€ 273,65	0,41%	94,65%	C
49 400.510.00016	127,94	€ 2,13	€ 271,88	0,41%	95,06%	C
50 410.530.00004	208,37	€ 1,22	€ 254,21	0,38%	95,44%	C
51 610.840.00002	43.650,88	€ 0,01	€ 240,08	0,36%	95,80%	C
52 400.500.00007	197,48	€ 1,07	€ 210,64	0,32%	96,11%	C
53 410.570.00007	79,40	€ 2,60	€ 206,43	0,31%	96,42%	C
54 400.500.00006	208,60	€ 0,92	€ 191,91	0,29%	96,71%	C
55 400.500.00010	205,88	€ 0,93	€ 190,44	0,29%	97,00%	C
56 410.570.00003	166,60	€ 1,03	€ 170,76	0,26%	97,25%	C
57 410.560.00001	17,07	€ 8,80	€ 150,17	0,23%	97,48%	C
58 410.550.00004	34,92	€ 4,30	€ 150,17	0,23%	97,71%	C
59 599.600.00023	20,16	€ 7,05	€ 142,14	0,21%	97,92%	C
60 410.530.00015	53,45	€ 2,50	€ 133,62	0,20%	98,12%	C
61 599.600.00009	34,44	€ 3,88	€ 133,61	0,20%	98,32%	C
62 400.510.00002	41,50	€ 3,08	€ 127,80	0,19%	98,51%	C
63 410.570.00001	134,88	€ 0,85	€ 114,65	0,17%	98,68%	C
64 599.600.00015	28,65	€ 4,00	€ 114,59	0,17%	98,86%	C
65 410.550.00009	30,74	€ 3,30	€ 101,43	0,15%	99,01%	C
66 599.600.00012	168,66	€ 0,60	€ 101,20	0,15%	99,16%	C
67 400.500.00011	194,02	€ 0,49	€ 95,07	0,14%	99,30%	C
68 400.500.00013	130,91	€ 0,73	€ 94,91	0,14%	99,44%	C
69 410.570.00002	54,82	€ 1,70	€ 93,19	0,14%	99,58%	C
70 410.530.00010	67,59	€ 1,25	€ 84,49	0,13%	99,71%	C
71 610.840.00022	11.726,27	€ 0,01	€ 59,80	0,09%	99,80%	C
72 400.500.00016	19,61	€ 1,52	€ 29,80	0,04%	99,85%	C
73 410.530.00021	42,22	€ 0,50	€ 21,11	0,03%	99,88%	C
74 610.840.00018	1.912,50	€ 0,01	€ 20,66	0,03%	99,91%	C
75 410.530.00020	6,50	€ 2,94	€ 19,11	0,03%	99,94%	C
76 410.560.00002	7,49	€ 2,35	€ 17,60	0,03%	99,96%	C
77 400.510.00001	3,80	€ 3,73	€ 14,17	0,02%	99,98%	C
78 410.570.00006	0,71	€ 7,00	€ 4,94	0,01%	99,99%	C
79 410.550.00006	1,22	€ 3,00	€ 3,67	0,01%	100,00%	C
80 430.610.00004	0,25	€ 6,30	€ 1,55	0,00%	100,00%	C
81 410.550.00008	0,00	€ 36,33	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
82 400.500.00017	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
83 599.600.00024	0,00	€ 4,50	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
84 410.530.00009	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
85 599.600.00003	0,00	€ 2,51	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
86 410.530.00002	27,92	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
87 410.570.00008	114,34	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
88 430.650.00001	0,00	€ 1,35	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
89 410.530.00012	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
			€ 66.638,49			

Tabella C.2: Risultati dell'analisi ABC sul valore d'impiego.

N°	Articolo	Consumo settimanale	Prezzo d'acquisto	Valore d'impiego	Percentuale	Cumulata	Classe valore d'impiego
1	400.500.00002	12.121,49	€ 0,35	€ 4.242,52	17,30%	17,30%	A
2	430.650.00002	713,31	€ 4,40	€ 3.138,56	12,80%	30,10%	A
3	599.600.00006	1.324,60	€ 1,44	€ 1.907,43	7,78%	37,88%	A
4	430.670.00001	542,23	€ 3,25	€ 1.762,25	7,19%	45,07%	A
5	400.500.00012	3.634,31	€ 0,45	€ 1.635,44	6,67%	51,74%	A
6	610.840.00001	1.798,00	€ 0,57	€ 1.019,47	4,16%	55,90%	A
7	410.520.00003	356,10	€ 2,40	€ 854,65	3,49%	59,38%	A
8	410.550.00001	265,08	€ 3,10	€ 821,75	3,35%	62,73%	A
9	410.520.00002	724,19	€ 1,08	€ 782,13	3,19%	65,92%	A
10	610.830.00010	9.301,36	€ 0,08	€ 758,99	3,10%	69,02%	A
11	420.580.00001	194,77	€ 3,36	€ 654,03	2,67%	71,69%	B
12	430.630.00001	402,58	€ 1,45	€ 583,74	2,38%	74,07%	B
13	599.600.00010	668,83	€ 0,73	€ 488,25	1,99%	76,06%	B
14	430.670.00003	393,19	€ 1,23	€ 483,62	1,97%	78,03%	B
15	610.840.00019	252,27	€ 1,52	€ 383,45	1,56%	79,59%	B
16	430.670.00005	83,03	€ 4,30	€ 357,04	1,46%	81,05%	B
17	400.510.00007	157,79	€ 2,10	€ 331,37	1,35%	82,40%	B
18	400.500.00008	105,65	€ 2,85	€ 301,09	1,23%	83,63%	B
19	410.530.00015	113,70	€ 2,50	€ 284,25	1,16%	84,79%	B
20	410.530.00005	165,11	€ 1,30	€ 214,64	0,88%	85,66%	B
21	610.830.00001	2.113,73	€ 0,09	€ 197,63	0,81%	86,47%	B
22	610.840.00027	519,91	€ 0,35	€ 179,37	0,73%	87,20%	B
23	410.560.00001	18,71	€ 8,80	€ 164,65	0,67%	87,87%	B
24	410.540.00001	359,94	€ 0,43	€ 154,77	0,63%	88,50%	B
25	430.610.00006	41,14	€ 3,70	€ 152,20	0,62%	89,13%	B
26	400.500.00009	105,65	€ 1,40	€ 147,90	0,60%	89,73%	B
27	430.610.00005	36,85	€ 4,00	€ 147,39	0,60%	90,33%	C
28	410.570.00007	55,48	€ 2,60	€ 144,26	0,59%	90,92%	C
29	610.840.00005	597,05	€ 0,23	€ 137,32	0,56%	91,48%	C
30	610.840.00011	358,18	€ 0,38	€ 136,11	0,56%	92,03%	C
31	400.510.00020	40,45	€ 3,30	€ 133,49	0,54%	92,58%	C
32	400.500.00004	251,21	€ 0,48	€ 120,58	0,49%	93,07%	C
33	410.570.00002	65,56	€ 1,70	€ 111,46	0,45%	93,52%	C
34	410.530.00014	36,14	€ 3,00	€ 108,43	0,44%	93,97%	C
35	410.530.00019	41,14	€ 2,38	€ 97,70	0,40%	94,36%	C
36	410.530.00021	186,29	€ 0,50	€ 93,15	0,38%	94,74%	C
37	410.530.00001	48,97	€ 1,85	€ 90,59	0,37%	95,11%	C
38	400.510.00016	41,87	€ 2,13	€ 88,98	0,36%	95,48%	C
39	610.830.00007	1.483,64	€ 0,06	€ 87,53	0,36%	95,83%	C
40	430.610.00003	14,23	€ 5,60	€ 79,70	0,33%	96,16%	C
41	430.610.00001	13,50	€ 5,90	€ 79,63	0,32%	96,48%	C
42	410.520.00006	74,59	€ 0,99	€ 73,84	0,30%	96,78%	C
43	410.520.00001	6,34	€ 9,85	€ 62,44	0,25%	97,04%	C
44	410.530.00004	45,54	€ 1,22	€ 55,56	0,23%	97,27%	C
45	610.840.00002	10.017,00	€ 0,01	€ 55,09	0,22%	97,49%	C
46	599.600.00013	314,66	€ 0,15	€ 47,20	0,19%	97,68%	C
47	430.690.00001	9,27	€ 4,36	€ 40,40	0,16%	97,85%	C
48	410.570.00004	17,50	€ 2,28	€ 39,90	0,16%	98,01%	C
49	610.840.00012	3.545,18	€ 0,01	€ 39,00	0,16%	98,17%	C
50	410.560.00002	14,11	€ 2,35	€ 33,17	0,14%	98,30%	C
51	400.500.00013	45,31	€ 0,73	€ 32,85	0,13%	98,44%	C
52	410.550.00004	7,44	€ 4,30	€ 32,01	0,13%	98,57%	C
53	400.500.00010	33,29	€ 0,93	€ 30,79	0,13%	98,69%	C
54	410.550.00002	7,58	€ 3,80	€ 28,81	0,12%	98,81%	C
55	610.840.00032	70,23	€ 0,38	€ 26,69	0,11%	98,92%	C
56	599.600.00012	43,57	€ 0,60	€ 26,14	0,11%	99,03%	C
57	410.570.00005	15,97	€ 1,63	€ 26,03	0,11%	99,13%	C
58	400.500.00007	20,66	€ 1,07	€ 22,04	0,09%	99,22%	C
59	410.530.00020	5,99	€ 2,94	€ 17,60	0,07%	99,30%	C
60	430.650.00001	12,51	€ 1,35	€ 16,85	0,07%	99,36%	C
61	599.600.00015	4,15	€ 4,00	€ 16,62	0,07%	99,43%	C
62	410.570.00003	15,97	€ 1,03	€ 16,37	0,07%	99,50%	C
63	400.510.00001	4,23	€ 3,73	€ 15,76	0,06%	99,56%	C
64	400.500.00006	15,97	€ 0,92	€ 14,69	0,06%	99,62%	C
65	410.570.00001	15,97	€ 0,85	€ 13,57	0,06%	99,68%	C
66	410.550.00008	0,37	€ 36,33	€ 13,37	0,05%	99,73%	C
67	400.510.00008	4,17	€ 2,07	€ 8,62	0,04%	99,77%	C
68	610.840.00018	768,00	€ 0,01	€ 8,29	0,03%	99,80%	C
69	400.500.00011	15,97	€ 0,49	€ 7,82	0,03%	99,83%	C
70	400.510.00002	2,11	€ 3,08	€ 6,51	0,03%	99,86%	C
71	610.840.00022	1.204,27	€ 0,01	€ 6,14	0,03%	99,89%	C
72	599.600.00003	2,11	€ 2,51	€ 5,30	0,02%	99,91%	C
73	599.600.00009	1,33	€ 3,88	€ 5,16	0,02%	99,93%	C
74	430.610.00004	0,65	€ 6,30	€ 4,06	0,02%	99,94%	C
75	610.840.00029	19,77	€ 0,20	€ 3,95	0,02%	99,96%	C
76	410.550.00009	1,06	€ 3,30	€ 3,51	0,01%	99,98%	C
77	599.600.00023	0,49	€ 7,05	€ 3,46	0,01%	99,99%	C
78	410.530.00010	1,03	€ 1,25	€ 1,29	0,01%	99,99%	C
79	410.550.00006	0,38	€ 3,00	€ 1,13	0,00%	100,00%	C
80	599.600.00024	0,04	€ 4,50	€ 0,19	0,00%	100,00%	C
81	610.840.00007	0,00	€ 0,23	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
82	400.500.00016	0,00	€ 1,52	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
83	400.500.00017	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
84	410.530.00009	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
85	410.570.00006	0,00	€ 7,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
86	410.530.00002	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
87	410.570.00008	0,67	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
88	410.530.00012	0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
89	610.830.00009	0,00	€ 0,25	€ 0,00	0,00%	100,00%	C
				€ 24.519,74			

Tabella C.3: Risultati dell'analisi ABC incrociata giacenza media Vs valore d'impiego.

Articolo	Classe giacenza	Classe valore d'impiego	Giacenza media	Consumo medio	IR	IC
610.840.00001	A	A	12.484,81	1.798,00	0,14	6,94
400.500.00012	A	A	13.667,84	3.634,31	0,27	3,76
410.520.00002	A	A	4.829,20	724,19	0,15	6,67
599.600.00006	A	A	2.418,72	1.324,60	0,55	1,83
400.500.00002	A	A	9.645,29	12.121,49	1,26	0,80
410.550.00001	A	A	932,03	265,08	0,28	3,52
400.510.00020	A	C	817,48	40,45	0,05	20,21
400.500.00008	A	B	806,86	105,65	0,13	7,64
430.670.00001	A	A	618,88	542,23	0,88	1,14
610.830.00001	A	B	19.508,92	2.113,73	0,11	9,23
410.520.00003	A	A	751,99	356,10	0,47	2,11
610.840.00019	A	B	1.053,86	252,27	0,24	4,18
610.830.00010	A	A	19.331,82	9.301,36	0,48	2,08
430.670.00005	A	B	323,38	83,03	0,26	3,89
610.840.00032	A	C	3.425,62	70,23	0,02	48,78
430.650.00002	A	A	283,85	713,31	2,51	0,40
420.580.00001	B	B	333,78	194,77	0,58	1,71
610.840.00011	B	C	2.786,14	358,18	0,13	7,78
400.500.00009	B	B	738,07	105,65	0,14	6,99
410.540.00001	B	B	2.054,32	359,94	0,18	5,71
599.600.00010	B	B	1.166,93	668,83	0,57	1,74
430.690.00001	B	C	192,55	9,27	0,05	20,78
430.610.00005	B	C	188,01	36,85	0,20	5,10
430.610.00006	B	B	186,47	41,14	0,22	4,53
610.840.00007	B	C	2.784,47	0,00	0,00	0,00
410.530.00005	B	B	473,96	165,11	0,35	2,87
599.600.00013	B	C	3.968,43	314,66	0,08	12,61
610.840.00029	B	C	2.652,91	19,77	0,01	134,17
610.840.00012	B	C	48.036,86	3.545,18	0,07	13,55
410.520.00001	B	C	53,11	6,34	0,12	8,38
430.670.00003	B	B	380,35	393,19	1,03	0,97
410.530.00001	B	C	227,02	48,97	0,22	4,64
410.530.00014	B	C	136,03	36,14	0,27	3,76
430.610.00001	B	C	66,23	13,50	0,20	4,91
430.630.00001	B	B	266,73	402,58	1,51	0,66
410.550.00002	B	C	99,85	7,58	0,08	13,17
610.840.00005	B	C	1.643,06	597,05	0,36	2,75
610.830.00007	B	C	6.390,16	1.483,64	0,23	4,31
610.840.00027	C	B	1.087,27	519,91	0,48	2,09
400.510.00008	C	C	180,72	4,17	0,02	43,38
410.570.00004	C	C	161,74	17,50	0,11	9,24
400.510.00007	C	B	172,38	157,79	0,92	1,09
430.610.00003	C	C	60,65	14,23	0,23	4,26
410.520.00006	C	C	312,69	74,59	0,24	4,19
610.830.00009	C	C	1.155,53	0,00	0,00	0,00
410.530.00019	C	C	117,88	41,14	0,35	2,87
410.570.00005	C	C	170,94	15,97	0,09	10,71
400.500.00004	C	C	570,10	251,21	0,44	2,27
400.510.00016	C	C	127,94	41,87	0,33	3,06
410.530.00004	C	C	208,37	45,54	0,22	4,58
610.840.00002	C	C	43.650,88	10.017,00	0,23	4,36
400.500.00007	C	C	197,48	20,66	0,10	9,56
410.570.00007	C	C	79,40	55,48	0,70	1,43
400.500.00006	C	C	208,60	15,97	0,08	13,06
400.500.00010	C	C	205,88	33,29	0,16	6,18
410.570.00003	C	C	166,60	15,97	0,10	10,43
410.560.00001	C	B	17,07	18,71	1,10	0,91
410.550.00004	C	C	34,92	7,44	0,21	4,69
599.600.00023	C	C	20,16	0,49	0,02	41,12
410.530.00015	C	B	53,45	113,70	2,13	0,47
599.600.00009	C	C	34,44	1,33	0,04	25,88
400.510.00002	C	C	41,50	2,11	0,05	19,64
410.570.00001	C	C	134,88	15,97	0,12	8,45
599.600.00015	C	C	28,65	4,15	0,15	6,89
410.550.00009	C	C	30,74	1,06	0,03	28,87
599.600.00012	C	C	168,66	43,57	0,26	3,87
400.500.00011	C	C	194,02	15,97	0,08	12,15
400.500.00013	C	C	130,91	45,31	0,35	2,89
410.570.00002	C	C	54,82	65,56	1,20	0,84
410.530.00010	C	C	67,59	1,03	0,02	65,64
610.840.00022	C	C	11.726,27	1.204,27	0,10	9,74
400.500.00016	C	C	19,61	0,00	0,00	0,00
410.530.00021	C	C	42,22	186,29	4,41	0,23
610.840.00018	C	C	1.912,50	768,00	0,40	2,49
410.530.00020	C	C	6,50	5,99	0,92	1,09
410.560.00002	C	C	7,49	14,11	1,88	0,53
400.510.00001	C	C	3,80	4,23	1,11	0,90
410.570.00006	C	C	0,71	0,00	0,00	0,00
410.550.00006	C	C	1,22	0,38	0,31	3,24
430.610.00004	C	C	0,25	0,65	2,63	0,38
410.550.00008	C	C	0,00	0,37	0,00	0,00
400.500.00017	C	C	0,00	0,00	0,00	0,00
599.600.00024	C	C	0,00	0,04	0,00	0,00
410.530.00009	C	C	0,00	0,00	0,00	0,00
599.600.00003	C	C	0,00	2,11	0,00	0,00
410.530.00002	C	C	27,92	0,00	0,00	0,00
410.570.00008	C	C	114,34	0,67	0,01	171,86
430.650.00001	C	C	0,00	12,51	0,00	0,00
410.530.00012	C	C	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella C.4: Risultati dell'analisi statistica del consumo dei codici d'acquisto.

Articolo	μ SETTIMANALE	σ SETTIMANALE	DZ	CV	CLASSE VARIABILITA'	CLASSE FREQUENZA	TIPO CONSUMO
410.530.00020	5,99	10,48	67,74	1,75	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.550.00008	0,37	0,26	6,45	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO
400.510.00001	4,23	5,47	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
400.510.00002	2,11	2,73	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
599.600.00006	1.324,60	546,21	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE
430.650.00002	713,31	271,50	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE
410.550.00001	265,08	108,76	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE
599.600.00023	0,49	1,25	77,42	2,55	Z	STRANGERS	SPORADICO
599.600.00009	1,33	2,30	74,19	1,73	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.530.00010	1,03	1,94	74,19	1,89	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.550.00002	7,58	9,75	38,71	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
400.510.00007	157,79	59,73	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE
410.550.00009	1,06	1,84	74,19	1,73	Z	STRANGERS	SPORADICO
400.500.00002	12.121,49	4.962,08	0,00	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE
400.500.00008	105,65	136,73	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
400.500.00013	45,31	49,06	6,45	1,08	Z	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00006	15,97	17,42	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00009	105,65	136,73	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
400.500.00011	15,97	17,42	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00010	33,29	23,65	16,13	0,71	Y	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00007	20,66	23,27	22,58	1,13	Z	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00004	251,21	331,52	38,71	1,32	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.570.00001	15,97	17,42	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO
410.570.00002	65,56	53,90	3,23	0,82	Y	RUNNERS	ERRATICO
410.530.00019	41,14	49,92	35,48	1,21	Z	REPEATERS	SPORADICO
400.510.00016	41,87	15,86	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE
430.670.00005	83,03	64,65	3,23	0,78	Y	RUNNERS	ERRATICO
599.600.00024	0,04	0,05	48,39	1,22	Z	REPEATERS	SPORADICO
420.580.00001	194,77	71,88	0,00	0,37	X	RUNNERS	REGOLARE
410.520.00002	724,19	410,61	0,00	0,57	Y	RUNNERS	ERRATICO
599.600.00015	4,15	3,26	9,68	0,78	Y	RUNNERS	ERRATICO
400.510.00020	40,45	14,22	0,00	0,35	X	RUNNERS	REGOLARE
430.630.00001	402,58	162,34	3,23	0,40	X	RUNNERS	REGOLARE
430.670.00001	542,23	324,40	0,00	0,60	Y	RUNNERS	ERRATICO
410.560.00001	18,71	24,01	51,61	1,28	Z	STRANGERS	SPORADICO
599.600.00003	2,11	2,73	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.520.00006	74,59	94,85	9,68	1,27	Z	RUNNERS	ERRATICO
410.520.00003	356,10	128,00	0,00	0,36	X	RUNNERS	REGOLARE
410.520.00001	6,34	8,20	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.530.00015	113,70	178,89	58,06	1,57	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.530.00014	36,14	44,21	48,39	1,22	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.550.00004	7,44	17,12	3,23	2,30	Z	RUNNERS	ERRATICO
430.610.00001	13,50	25,73	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.540.00001	359,94	258,17	6,45	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO
410.530.00001	48,97	93,34	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.530.00005	165,11	401,23	64,52	2,43	Z	STRANGERS	SPORADICO
430.610.00006	41,14	49,92	35,48	1,21	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.530.00021	186,29	344,84	48,39	1,85	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.570.00008	0,67	1,15	74,19	1,73	Z	STRANGERS	SPORADICO
430.670.00003	393,19	318,47	6,45	0,81	Y	RUNNERS	ERRATICO
410.570.00007	55,48	39,42	16,13	0,71	Y	RUNNERS	ERRATICO
400.510.00008	4,17	4,34	22,58	1,04	Z	RUNNERS	ERRATICO
410.550.00006	0,38	0,72	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO
599.600.00013	314,66	117,34	0,00	0,37	X	RUNNERS	REGOLARE
430.610.00003	14,23	23,93	48,39	1,68	Z	REPEATERS	SPORADICO
410.570.00003	15,97	17,42	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO
410.570.00005	15,97	17,42	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO
410.570.00004	17,50	17,61	19,35	1,01	Z	RUNNERS	ERRATICO
400.500.00012	3.634,31	1.238,22	0,00	0,34	X	RUNNERS	REGOLARE
430.610.00005	36,85	31,74	29,03	0,86	Y	REPEATERS	INTERMITTENTE
410.530.00004	45,54	29,42	16,13	0,65	Y	RUNNERS	ERRATICO
430.650.00001	12,51	19,68	58,06	1,57	Z	STRANGERS	SPORADICO
430.690.00001	9,27	17,50	74,19	1,89	Z	STRANGERS	SPORADICO
410.560.00002	14,11	33,15	74,19	2,35	Z	STRANGERS	SPORADICO
430.610.00004	0,65	1,73	80,65	2,68	Z	STRANGERS	SPORADICO
599.600.00010	668,83	271,01	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE
599.600.00012	43,57	31,93	0,00	0,73	Y	RUNNERS	ERRATICO
Articolo	μ SETTIMANALE	σ SETTIMANALE	DZ	CV	CLASSE VARIABILITA'	CLASSE FREQUENZA	TIPO CONSUMO
610.840.00029	19,77	16,22	18,18	0,82	Y	RUNNERS	ERRATICO
610.840.00005	597,05	137,90	0,00	0,23	X	RUNNERS	REGOLARE
610.840.00027	519,91	182,77	0,00	0,35	X	RUNNERS	REGOLARE
610.840.00001	1.798,00	731,28	0,00	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE
610.840.00011	358,18	332,01	9,09	0,93	Y	RUNNERS	ERRATICO
610.840.00032	70,23	231,82	90,91	3,30	Z	STRANGERS	SPORADICO
610.840.00019	252,27	110,87	0,00	0,44	X	RUNNERS	REGOLARE
610.840.00018	768,00	555,84	22,73	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO
610.840.00012	3.545,18	785,91	0,00	0,22	X	RUNNERS	REGOLARE
610.840.00022	1.204,27	864,72	9,09	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO
610.840.00002	10.017,00	2.583,16	0,00	0,26	X	RUNNERS	REGOLARE
610.830.00001	2.113,73	809,25	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE
610.830.00007	1.483,64	935,33	13,64	0,63	Y	RUNNERS	ERRATICO
610.830.00010	9.301,36	2.128,71	0,00	0,23	X	RUNNERS	REGOLARE

Tabella C.5: Individuazione delle logiche di gestione ottimali.

Articolo	DZ	CV	CLASSE VARIABILITA'	CLASSE FREQUENZA	TIPO CONSUMO	CLASSE GIACENZA	CLASSE VALORE D'IMPIEGO	GESTIONE OTTIMALE
410.530.00020	67,74	1,75	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.550.00008	6,45	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.510.00001	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
400.510.00002	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
599.600.00006	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
430.650.00002	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
410.550.00001	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
599.600.00023	77,42	2,55	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
599.600.00009	74,19	1,73	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.530.00010	74,19	1,89	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.550.00002	38,71	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
400.510.00007	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE	C	B	SCORTA
410.550.00009	74,19	1,73	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
400.500.00002	0,00	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
400.500.00008	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	A	B	FABBISOGNO
400.500.00013	6,45	1,08	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00006	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00009	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	B	B	FABBISOGNO
400.500.00011	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00010	16,13	0,71	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00007	22,58	1,13	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00004	38,71	1,32	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.570.00001	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.570.00002	3,23	0,82	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.530.00019	35,48	1,21	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
400.510.00016	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE	C	C	SCORTA
430.670.00005	3,23	0,78	Y	RUNNERS	ERRATICO	A	B	FABBISOGNO
420.580.00001	0,00	0,37	X	RUNNERS	REGOLARE	B	B	SCORTA
410.520.00002	0,00	0,57	Y	RUNNERS	ERRATICO	A	A	FABBISOGNO
599.600.00015	9,68	0,78	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.510.00020	0,00	0,35	X	RUNNERS	REGOLARE	A	C	SCORTA
430.630.00001	3,23	0,40	X	RUNNERS	REGOLARE	B	B	SCORTA
430.670.00001	0,00	0,60	Y	RUNNERS	ERRATICO	A	A	FABBISOGNO
410.560.00001	51,61	1,28	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	B	FABBISOGNO
599.600.00003	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.520.00006	9,68	1,27	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.520.00003	0,00	0,36	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
410.520.00001	41,94	1,29	Z	REPEATERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
410.530.00015	58,06	1,57	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	B	FABBISOGNO
410.530.00014	48,39	1,22	Z	REPEATERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
410.550.00004	3,23	2,30	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
430.610.00001	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
410.540.00001	6,45	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO	B	B	SCORTA
410.530.00001	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
410.530.00005	64,52	2,43	Z	STRANGERS	SPORADICO	B	B	FABBISOGNO
430.610.00006	35,48	1,21	Z	REPEATERS	SPORADICO	B	B	FABBISOGNO
410.530.00021	48,39	1,85	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
430.670.00003	6,45	0,81	Y	RUNNERS	ERRATICO	B	B	SCORTA
410.570.00007	16,13	0,71	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.510.00008	22,58	1,04	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.550.00006	61,29	1,91	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
599.600.00013	0,00	0,37	X	RUNNERS	REGOLARE	B	C	SCORTA
430.610.00003	48,39	1,68	Z	REPEATERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
410.570.00003	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.570.00005	22,58	1,09	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
410.570.00004	19,35	1,01	Z	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
400.500.00012	0,00	0,34	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
430.610.00005	29,03	0,86	Y	REPEATERS	INTERMITTENTE	B	C	SCORTA
410.530.00004	16,13	0,65	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
430.690.00001	74,19	1,89	Z	STRANGERS	SPORADICO	B	C	FABBISOGNO
410.560.00002	74,19	2,35	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
430.610.00004	80,65	2,68	Z	STRANGERS	SPORADICO	C	C	FABBISOGNO
599.600.00010	3,23	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE	B	B	SCORTA
599.600.00012	0,00	0,73	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
Articolo	DZ	CV	CLASSE VARIABILITA'	CLASSE FREQUENZA	TIPO CONSUMO	CLASSE GIACENZA	CLASSE VALORE D'IMPIEGO	GESTIONE OTTIMALE
610.840.00029	18,18	0,82	Y	RUNNERS	ERRATICO	B	C	SCORTA
610.840.00005	0,00	0,23	X	RUNNERS	REGOLARE	B	C	SCORTA
610.840.00027	0,00	0,35	X	RUNNERS	REGOLARE	C	B	SCORTA
610.840.00001	0,00	0,41	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA
610.840.00011	9,09	0,93	Y	RUNNERS	ERRATICO	B	C	SCORTA
610.840.00032	90,91	3,30	Z	STRANGERS	SPORADICO	A	C	FABBISOGNO
610.840.00019	0,00	0,44	X	RUNNERS	REGOLARE	A	B	SCORTA
610.840.00018	22,73	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
610.840.00012	0,00	0,22	X	RUNNERS	REGOLARE	B	C	SCORTA
610.840.00022	9,09	0,72	Y	RUNNERS	ERRATICO	C	C	SCORTA
610.840.00002	0,00	0,26	X	RUNNERS	REGOLARE	C	C	SCORTA
610.830.00001	0,00	0,38	X	RUNNERS	REGOLARE	A	B	SCORTA
610.830.00007	13,64	0,63	Y	RUNNERS	ERRATICO	B	C	SCORTA
610.830.00010	0,00	0,23	X	RUNNERS	REGOLARE	A	A	SCORTA

400.510.00016	n	31,0						610.840.00001	n	22,0							
	μ	41,9		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	1.798,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	15,9	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	731,3	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
430.670.00005	n	31,0						610.840.00011	n	22,0							
	μ	83,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	358,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	64,7	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	332,0	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
420.580.00001	n	31,0						610.840.00032	n	22,0							
	μ	194,8		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	70,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	71,9	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	231,8	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,5	test	NO	NO	NO	NO	NO
410.520.00002	n	31,0						610.840.00019	n	22,0							
	μ	724,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	252,3		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	410,6	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	110,9	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
599.600.00015	n	31,0						610.840.00018	n	22,0							
	μ	4,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	768,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	3,3	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	555,8	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
400.510.00020	n	31,0						610.840.00012	n	22,0							
	μ	40,5		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	3.545,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	14,2	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	785,9	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK	OK
430.630.00001	n	31,0						610.840.00022	n	22,0							
	μ	402,6		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	1.204,3		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	162,3	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	864,7	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK	OK
430.670.00001	n	31,0						610.840.00002	n	22,0							
	μ	542,2		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	10.017,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	324,4	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	2.583,2	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK	OK
410.560.00001	n	31,0						610.830.00001	n	22,0							
	μ	18,7		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	2.113,7		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	24,0	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	809,3	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,3	test	NO	NO	NO	NO		NO	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
599.600.00003	n	31,0						610.830.00007	n	22,0							
	μ	2,1		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	1.483,6		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	2,7	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	935,3	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	NO		NO	Dmax	0,3	test	OK	OK	OK	NO	NO
410.520.00006	n	31,0						610.830.00010	n	22,0							
	μ	74,6		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	9.301,4		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	94,9	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	2.128,7	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	NO	NO		NO	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK	OK
410.520.00003	n	31,0						610.840.00001	n	22,0							
	μ	356,1		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	1.798,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	128,0	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	731,3	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,1	test	OK	OK	OK	OK		OK	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK
410.520.00001	n	31,0						610.840.00001	n	22,0							
	μ	6,3		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15		α=0,2	μ	1.798,0		α=0,01	α=0,05	α=0,1	α=0,15	α=0,2
	σ	8,2	limite	0,29	0,24	0,22	0,2		0,19	σ	731,3	limite	0,356	0,294	0,264	0,246	0,231
	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	NO		NO	Dmax	0,2	test	OK	OK	OK	OK	OK

Tabella C.7: Risultati del dimensionamento dei livelli di riordino per i codici d'acquisto da gestire a scorta.

410.550.00008	μ giorno	0,061	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,11	1,04	85%	0,16	0,28	2,58	€ 5,76
	Lead time	2,00	2,06	98%	0,31	0,44	5,12	€ 11,41
	Valore	€ 36,33	3,00	99,8%	0,46	0,58	7,45	€ 16,61
599.600.00006	μ giorno	220,77	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	222,99	1,04	85%	733,36	2.941,04	3,32	€ 1.056,04
	Lead time	10,00	2,06	98%	1.452,62	3.660,29	6,58	€ 2.091,77
	Valore	€ 1,44	3,00	99,8%	2.115,46	4.323,14	9,58	€ 3.046,27
430.650.00002	μ giorno	118,88	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	110,84	1,04	85%	163,02	400,79	1,37	€ 717,28
	Lead time	2,00	2,06	98%	322,90	560,67	2,72	€ 1.420,77
	Valore	€ 4,40	3,00	99,8%	470,25	708,02	3,96	€ 2.069,08
410.550.00001	μ giorno	44,18	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	44,40	1,04	85%	146,03	587,83	3,31	€ 452,68
	Lead time	10,00	2,06	98%	289,24	731,05	6,55	€ 896,66
	Valore	€ 3,10	3,00	99,8%	421,23	863,03	9,53	€ 1.305,81
599.600.00023	μ giorno	0,08	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,51	1,04	85%	1,68	2,50	20,55	€ 11,84
	Lead time	10,00	2,06	98%	3,33	4,14	40,71	€ 23,45
	Valore	€ 7,05	3,00	99,8%	4,84	5,66	59,29	€ 34,16
599.600.00009	μ giorno	0,22	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,94	1,04	85%	3,09	5,31	13,95	€ 12,00
	Lead time	10,00	2,06	98%	6,13	8,34	27,62	€ 23,77
	Valore	€ 3,88	3,00	99,8%	8,92	11,14	40,23	€ 34,61
400.510.00007	μ giorno	26,30	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	24,39	1,04	85%	35,87	88,46	1,36	€ 75,32
	Lead time	2,00	2,06	98%	71,04	123,64	2,70	€ 149,19
	Valore	€ 2,10	3,00	99,8%	103,46	156,06	3,93	€ 217,27
410.550.00009	μ giorno	0,18	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	0,75	1,04	85%	1,11	1,46	6,24	€ 3,65
	Lead time	2,00	2,06	98%	2,19	2,55	12,35	€ 7,23
	Valore	€ 3,30	3,00	99,8%	3,19	3,55	17,99	€ 10,53
400.500.00002	μ giorno	2.020,25	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	2.025,76	1,04	85%	2.979,45	7.019,95	1,47	€ 1.042,81
	Lead time	2,00	2,06	98%	5.901,61	9.942,10	2,92	€ 2.065,56
	Valore	€ 0,35	3,00	99,8%	8.594,57	12.635,07	4,25	€ 3.008,10
400.500.00008	μ giorno	17,61	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	55,82	1,04	85%	153,60	276,85	8,72	€ 437,75
	Lead time	7,00	2,06	98%	304,24	427,49	17,28	€ 867,09
	Valore	€ 2,85	3,00	99,8%	443,07	566,32	25,16	€ 1.262,75
400.500.00013	μ giorno	7,55	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	20,03	1,04	85%	29,45	44,56	3,90	€ 21,35
	Lead time	2,00	2,06	98%	58,34	73,45	7,73	€ 42,30
	Valore	€ 0,73	3,00	99,8%	84,97	100,07	11,25	€ 61,60
400.500.00006	μ giorno	2,66	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,11	1,04	85%	19,57	38,20	7,35	€ 18,01
	Lead time	7,00	2,06	98%	38,77	57,40	14,57	€ 35,67
	Valore	€ 0,92	3,00	99,8%	56,46	75,09	21,22	€ 51,95
400.500.00009	μ giorno	17,61	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	55,82	1,04	85%	153,60	276,85	8,72	€ 215,04
	Lead time	7,00	2,06	98%	304,24	427,49	17,28	€ 425,94
	Valore	€ 1,40	3,00	99,8%	443,07	566,32	25,16	€ 620,30
400.500.00011	μ giorno	2,66	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,11	1,04	85%	19,57	38,20	7,35	€ 9,59
	Lead time	7,00	2,06	98%	38,77	57,40	14,57	€ 19,00
	Valore	€ 0,49	3,00	99,8%	56,46	75,09	21,22	€ 27,67

400.500.00010	μ giorno	5,55	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	9,66	1,04	85%	26,57	65,41	4,79	€ 24,58
	Lead time	7,00	2,06	98%	52,63	91,47	9,49	€ 48,68
	Valore	€ 0,93	3,00	99,8%	76,64	115,48	13,81	€ 70,89
400.500.00007	μ giorno	3,44	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	9,50	1,04	85%	26,14	50,24	7,59	€ 27,88
	Lead time	7,00	2,06	98%	51,77	75,88	15,03	€ 55,22
	Valore	€ 1,07	3,00	99,8%	75,40	99,50	21,89	€ 80,42
400.500.00004	μ giorno	41,87	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	135,34	1,04	85%	243,80	369,40	5,82	€ 117,02
	Lead time	3,00	2,06	98%	482,91	608,51	11,53	€ 231,80
	Valore	€ 0,48	3,00	99,8%	703,26	828,87	16,80	€ 337,57
410.570.00001	μ giorno	2,66	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,11	1,04	85%	19,57	38,20	7,35	€ 16,64
	Lead time	7,00	2,06	98%	38,77	57,40	14,57	€ 32,96
	Valore	€ 0,85	3,00	99,8%	56,46	75,09	21,22	€ 47,99
410.570.00002	μ giorno	10,93	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	22,01	1,04	85%	32,36	54,22	2,96	€ 55,02
	Lead time	2,00	2,06	98%	64,11	85,96	5,87	€ 108,98
	Valore	€ 1,70	3,00	99,8%	93,36	115,21	8,54	€ 158,71
410.530.00019	μ giorno	6,86	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	20,38	1,04	85%	36,71	57,28	5,35	€ 87,18
	Lead time	3,00	2,06	98%	72,71	93,28	10,61	€ 172,69
	Valore	€ 2,38	3,00	99,8%	105,89	126,46	15,45	€ 251,49
400.510.00016	μ giorno	6,98	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	6,47	1,04	85%	17,81	66,66	2,55	€ 37,85
	Lead time	7,00	2,06	98%	35,28	84,13	5,06	€ 74,97
	Valore	€ 2,13	3,00	99,8%	51,38	100,23	7,36	€ 109,18
430.670.00005	μ giorno	13,84	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	26,39	1,04	85%	38,82	66,50	2,81	€ 166,93
	Lead time	2,00	2,06	98%	76,89	104,57	5,56	€ 330,64
	Valore	€ 4,30	3,00	99,8%	111,98	139,66	8,09	€ 481,52
420.580.00001	μ giorno	32,46	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	29,34	1,04	85%	86,32	346,01	2,66	€ 289,85
	Lead time	8,00	2,06	98%	170,97	430,66	5,27	€ 574,12
	Valore	€ 3,36	3,00	99,8%	248,99	508,68	7,67	€ 836,09
410.520.00002	μ giorno	120,70	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	167,63	1,04	85%	389,83	993,33	3,23	€ 421,02
	Lead time	5,00	2,06	98%	772,16	1.375,66	6,40	€ 833,94
	Valore	€ 1,08	3,00	99,8%	1.124,51	1.728,01	9,32	€ 1.214,47
599.600.00015	μ giorno	0,69	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	1,33	1,04	85%	1,96	3,34	2,82	€ 7,82
	Lead time	2,00	2,06	98%	3,87	5,26	5,59	€ 15,49
	Valore	€ 4,00	3,00	99,8%	5,64	7,03	8,14	€ 22,56
400.510.00020	μ giorno	6,74	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	5,80	1,04	85%	17,07	71,01	2,53	€ 56,34
	Lead time	8,00	2,06	98%	33,82	87,75	5,02	€ 111,60
	Valore	€ 3,30	3,00	99,8%	49,25	103,18	7,31	€ 162,53
430.630.00001	μ giorno	67,10	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	66,28	1,04	85%	97,48	231,67	1,45	€ 141,34
	Lead time	2,00	2,06	98%	193,08	327,28	2,88	€ 279,97
	Valore	€ 1,45	3,00	99,8%	281,19	415,38	4,19	€ 407,72
430.670.00001	μ giorno	90,37	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	132,44	1,04	85%	238,56	509,68	2,64	€ 775,32
	Lead time	3,00	2,06	98%	472,54	743,65	5,23	€ 1.535,74
	Valore	€ 3,25	3,00	99,8%	688,16	959,27	7,61	€ 2.236,51
410.560.00001	μ giorno	3,12	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	9,80	1,04	85%	14,42	20,65	4,62	€ 126,88
	Lead time	2,00	2,06	98%	28,56	34,80	9,16	€ 251,32
	Valore	€ 8,80	3,00	99,8%	41,59	47,83	13,34	€ 366,00
599.600.00003	μ giorno	0,35	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	1,12	1,04	85%	3,07	5,54	8,72	€ 7,71
	Lead time	7,00	2,06	98%	6,08	8,55	17,28	€ 15,27
	Valore	€ 2,51	3,00	99,8%	8,86	11,33	25,16	€ 22,24

410.520.00006	μ giorno	12,43	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	38,72	1,04	85%	127,35	251,67	10,24	€ 126,08
	Lead time	10,00	2,06	98%	252,26	376,57	20,29	€ 249,74
	Valore	€ 0,99	3,00	99,8%	367,37	491,68	29,55	€ 363,69
410.520.00003	μ giorno	59,35	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	52,25	1,04	85%	171,85	765,36	2,90	€ 412,44
	Lead time	10,00	2,06	98%	340,40	933,90	5,74	€ 816,95
	Valore	€ 2,40	3,00	99,8%	495,72	1.089,23	8,35	€ 1.189,74
410.520.00001	μ giorno	1,06	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	3,35	1,04	85%	6,03	9,20	5,71	€ 59,43
	Lead time	3,00	2,06	98%	11,95	15,12	11,31	€ 117,71
	Valore	€ 9,85	3,00	99,8%	17,40	20,57	16,47	€ 171,42
410.550.00004	μ giorno	1,24	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	6,99	1,04	85%	10,28	12,76	8,28	€ 44,20
	Lead time	2,00	2,06	98%	20,36	22,84	16,41	€ 87,55
	Valore	€ 4,30	3,00	99,8%	29,65	32,13	23,90	€ 127,50
430.610.00001	μ giorno	2,25	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	10,50	1,04	85%	21,85	30,84	9,71	€ 128,90
	Lead time	4,00	2,06	98%	43,27	52,27	19,24	€ 255,31
	Valore	€ 5,90	3,00	99,8%	63,02	72,02	28,02	€ 371,82
410.540.00001	μ giorno	59,99	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	105,40	1,04	85%	346,62	946,53	5,78	€ 149,05
	Lead time	10,00	2,06	98%	686,58	1.286,48	11,44	€ 295,23
	Valore	€ 0,43	3,00	99,8%	999,87	1.599,78	16,67	€ 429,95
410.530.00001	μ giorno	8,16	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	38,11	1,04	85%	153,49	275,90	18,81	€ 283,95
	Lead time	15,00	2,06	98%	304,02	426,44	37,25	€ 562,44
	Valore	€ 1,85	3,00	99,8%	442,75	565,17	54,25	€ 819,09
430.610.00006	μ giorno	6,86	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	20,38	1,04	85%	56,07	104,07	8,18	€ 207,47
	Lead time	7,00	2,06	98%	111,07	159,06	16,20	€ 410,96
	Valore	€ 3,70	3,00	99,8%	161,75	209,74	23,59	€ 598,48
430.670.00003	μ giorno	65,53	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	130,01	1,04	85%	191,22	322,29	2,92	€ 235,20
	Lead time	2,00	2,06	98%	378,77	509,83	5,78	€ 465,88
	Valore	€ 1,23	3,00	99,8%	551,60	682,67	8,42	€ 678,47
410.570.00007	μ giorno	9,25	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	16,09	1,04	85%	44,28	109,01	4,79	€ 115,13
	Lead time	7,00	2,06	98%	87,71	152,44	9,49	€ 228,05
	Valore	€ 2,60	3,00	99,8%	127,73	192,47	13,81	€ 332,11
400.510.00008	μ giorno	0,69	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	1,77	1,04	85%	4,87	9,73	7,02	€ 10,08
	Lead time	7,00	2,06	98%	9,65	14,51	13,90	€ 19,98
	Valore	€ 2,07	3,00	99,8%	14,05	18,91	20,24	€ 29,09
599.600.00013	μ giorno	52,44	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	47,90	1,04	85%	131,81	498,91	2,51	€ 19,77
	Lead time	7,00	2,06	98%	261,08	628,18	4,98	€ 39,16
	Valore	€ 0,15	3,00	99,8%	380,22	747,32	7,25	€ 57,03
410.570.00003	μ giorno	2,66	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,11	1,04	85%	19,57	38,20	7,35	€ 20,06
	Lead time	7,00	2,06	98%	38,77	57,40	14,57	€ 39,74
	Valore	€ 1,03	3,00	99,8%	56,46	75,09	21,22	€ 57,87
410.570.00005	μ giorno	2,66	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,11	1,04	85%	19,57	38,20	7,35	€ 31,90
	Lead time	7,00	2,06	98%	38,77	57,40	14,57	€ 63,20
	Valore	€ 1,63	3,00	99,8%	56,46	75,09	21,22	€ 92,03
410.570.00004	μ giorno	2,92	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	7,19	1,04	85%	19,78	40,19	6,78	€ 45,09
	Lead time	7,00	2,06	98%	39,18	59,59	13,43	€ 89,32
	Valore	€ 2,28	3,00	99,8%	57,05	77,47	19,56	€ 130,08
400.500.00012	μ giorno	605,72	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	505,50	1,04	85%	2.036,11	11.121,90	3,36	€ 916,25
	Lead time	15,00	2,06	98%	4.033,07	13.118,86	6,66	€ 1.814,88
	Valore	€ 0,45	3,00	99,8%	5.873,41	14.959,19	9,70	€ 2.643,03

430.610.00005	μ giorno	6,14	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	12,96	1,04	85%	35,66	78,64	5,81	€ 142,62
	Lead time	7,00	2,06	98%	70,63	113,61	11,50	€ 282,50
	Valore	€ 4,00	3,00	99,8%	102,85	145,84	16,75	€ 411,41
410.530.00004	μ giorno	7,59	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	12,01	1,04	85%	33,05	86,19	4,35	€ 40,32
	Lead time	7,00	2,06	98%	65,47	118,60	8,63	€ 79,87
	Valore	€ 1,22	3,00	99,8%	95,35	148,48	12,56	€ 116,32
599.600.00010	μ giorno	111,47	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	110,64	1,04	85%	199,30	533,72	1,79	€ 145,49
	Lead time	3,00	2,06	98%	394,77	729,18	3,54	€ 288,18
	Valore	€ 0,73	3,00	99,8%	574,90	909,32	5,16	€ 419,68
599.600.00012	μ giorno	7,26	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	13,03	1,04	85%	23,48	45,27	3,23	€ 14,09
	Lead time	3,00	2,06	98%	46,51	68,29	6,40	€ 27,90
	Valore	€ 0,60	3,00	99,8%	67,73	89,51	9,33	€ 40,64
610.840.00029	μ giorno	3,30	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	6,62	1,04	85%	37,72	136,59	11,45	€ 7,54
	Lead time	30,00	2,06	98%	74,72	173,58	22,67	€ 14,94
	Valore	€ 0,20	3,00	99,8%	108,82	207,68	33,02	€ 21,76
610.840.00005	μ giorno	99,51	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	56,30	1,04	85%	320,69	3.305,92	3,22	€ 73,76
	Lead time	30,00	2,06	98%	635,21	3.620,44	6,38	€ 146,10
	Valore	€ 0,23	3,00	99,8%	925,07	3.910,30	9,30	€ 212,77
610.840.00027	μ giorno	86,65	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	74,62	1,04	85%	425,04	3.024,59	4,91	€ 146,64
	Lead time	30,00	2,06	98%	841,91	3.441,46	9,72	€ 290,46
	Valore	€ 0,35	3,00	99,8%	1.226,09	3.825,63	14,15	€ 423,00
610.840.00001	μ giorno	299,67	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	298,54	1,04	85%	1.700,60	10.690,60	5,67	€ 964,24
	Lead time	30,00	2,06	98%	3.368,49	12.358,49	11,24	€ 1.909,94
	Valore	€ 0,57	3,00	99,8%	4.905,57	13.895,57	16,37	€ 2.781,46
610.840.00011	μ giorno	59,70	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	135,54	1,04	85%	772,10	2.563,01	12,93	€ 293,40
	Lead time	30,00	2,06	98%	1.529,35	3.320,26	25,62	€ 581,15
	Valore	€ 0,38	3,00	99,8%	2.227,20	4.018,11	37,31	€ 846,34
610.840.00032	μ giorno	11,70	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	94,64	1,04	85%	539,09	890,23	46,06	€ 204,86
	Lead time	30,00	2,06	98%	1.067,82	1.418,96	91,23	€ 405,77
	Valore	€ 0,38	3,00	99,8%	1.555,08	1.906,21	132,86	€ 590,93
610.840.00019	μ giorno	42,05	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	45,26	1,04	85%	182,31	813,00	4,34	€ 277,12
	Lead time	15,00	2,06	98%	361,12	991,80	8,59	€ 548,90
	Valore	€ 1,52	3,00	99,8%	525,90	1.156,59	12,51	€ 799,37
610.840.00018	μ giorno	128,00	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	226,92	1,04	85%	914,01	2.834,01	7,14	€ 9,87
	Lead time	15,00	2,06	98%	1.810,44	3.730,44	14,14	€ 19,55
	Valore	€ 0,01	3,00	99,8%	2.636,57	4.556,57	20,60	€ 28,47
610.840.00012	μ giorno	590,86	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	320,85	1,04	85%	1.292,33	10.155,29	2,19	€ 14,22
	Lead time	15,00	2,06	98%	2.559,81	11.422,77	4,33	€ 28,16
	Valore	€ 0,01	3,00	99,8%	3.727,88	12.590,84	6,31	€ 41,01
610.840.00022	μ giorno	200,71	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	353,02	1,04	85%	1.421,93	4.432,61	7,08	€ 7,25
	Lead time	15,00	2,06	98%	2.816,51	5.827,20	14,03	€ 14,36
	Valore	€ 0,01	3,00	99,8%	4.101,72	7.112,40	20,44	€ 20,92
610.840.00002	μ giorno	1.669,50	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	1.054,57	1,04	85%	4.247,71	29.290,21	2,54	€ 23,36
	Lead time	15,00	2,06	98%	8.413,73	33.456,23	5,04	€ 46,28
	Valore	€ 0,01	3,00	99,8%	12.253,00	37.295,50	7,34	€ 67,39
610.830.00001	μ giorno	352,29	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	330,38	1,04	85%	1.536,59	8.582,34	4,36	€ 143,67
	Lead time	20,00	2,06	98%	3.043,62	10.089,38	8,64	€ 284,58
	Valore	€ 0,09	3,00	99,8%	4.432,46	11.478,22	12,58	€ 414,43
610.830.00007	μ giorno	247,27	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	381,85	1,04	85%	1.050,68	2.781,59	4,25	€ 61,99
	Lead time	7,00	2,06	98%	2.081,16	3.812,07	8,42	€ 122,79
	Valore	€ 0,06	3,00	99,8%	3.030,81	4.761,72	12,26	€ 178,82
610.830.00010	μ giorno	1.550,23	k	LS	SS	LR	IC	Valore
	σ giorno	869,04	1,04	85%	2.391,24	13.242,83	1,54	€ 195,13
	Lead time	7,00	2,06	98%	4.736,49	15.588,08	3,06	€ 386,50
	Valore	€ 0,08	3,00	99,8%	6.897,81	17.749,40	4,45	€ 562,86

Tabella C.8: EOQ per i codici di acquisto utilizzati in Stuzzità.

Articolo	v	D	K	i	EOQ	IC	N° ordini anno	Costo totale
410.530.00020	€ 2,94	290,74	€ 20,00	0,15	162,39	27,12	1,79	€ 71,61
410.550.00008	€ 36,33	18,53	€ 20,00	0,15	11,66	31,69	1,59	€ 63,55
400.510.00001	€ 3,73	214,29	€ 20,00	0,15	123,77	29,29	1,73	€ 69,25
400.510.00002	€ 3,08	107,14	€ 20,00	0,15	96,31	45,58	1,11	€ 44,50
599.600.00006	€ 1,44	69.867,00	€ 20,00	0,15	3.596,99	2,72	19,42	€ 776,95
430.650.00002	€ 4,40	37.591,20	€ 20,00	0,15	1.509,39	2,12	24,90	€ 996,20
410.550.00001	€ 3,10	13.991,14	€ 20,00	0,15	1.097,06	4,14	12,75	€ 510,13
599.600.00023	€ 7,05	26,06	€ 20,00	0,15	31,39	64,03	0,83	€ 33,20
599.600.00009	€ 3,88	62,14	€ 20,00	0,15	65,35	49,11	0,95	€ 38,04
410.530.00010	€ 1,25	54,72	€ 20,00	0,15	108,04	104,93	0,51	€ 20,26
410.550.00002	€ 3,80	406,29	€ 20,00	0,15	168,85	22,27	2,41	€ 96,25
400.510.00007	€ 2,10	7.985,57	€ 20,00	0,15	1.007,00	6,38	7,93	€ 317,20
410.550.00009	€ 3,30	49,71	€ 20,00	0,15	63,38	59,54	0,78	€ 31,37
400.500.00002	€ 0,35	615.173,42	€ 20,00	0,15	21.649,56	1,79	28,42	€ 1.136,60
400.500.00008	€ 2,85	5.357,14	€ 20,00	0,15	707,99	6,70	7,57	€ 302,67
400.500.00013	€ 0,73	2.402,57	€ 20,00	0,15	940,06	20,75	2,56	€ 102,23
400.500.00006	€ 0,92	792,86	€ 20,00	0,15	479,39	30,02	1,65	€ 66,16
400.500.00009	€ 1,40	5.357,14	€ 20,00	0,15	1.010,15	9,56	5,30	€ 212,13
400.500.00011	€ 0,49	792,86	€ 20,00	0,15	656,88	41,14	1,21	€ 48,28
400.500.00010	€ 0,93	1.707,43	€ 20,00	0,15	701,59	21,07	2,43	€ 97,35
400.500.00007	€ 1,07	987,43	€ 20,00	0,15	496,85	24,05	1,99	€ 79,50
400.500.00004	€ 0,48	11.498,57	€ 20,00	0,15	2.527,47	10,06	4,55	€ 181,98
410.570.00001	€ 0,85	792,86	€ 20,00	0,15	498,74	31,23	1,59	€ 63,59
410.570.00002	€ 1,70	3.498,00	€ 20,00	0,15	740,75	11,30	4,72	€ 188,89
410.530.00019	€ 2,38	2.131,20	€ 20,00	0,15	489,18	11,89	4,36	€ 174,27
400.510.00016	€ 2,13	2.128,14	€ 20,00	0,15	516,78	12,34	4,12	€ 164,72
430.670.00005	€ 4,30	4.069,71	€ 20,00	0,15	502,38	6,05	8,10	€ 324,03
420.580.00001	€ 3,36	9.882,22	€ 20,00	0,15	885,87	4,55	11,16	€ 446,21
410.520.00002	€ 1,08	36.642,86	€ 20,00	0,15	3.007,93	4,15	12,18	€ 487,28
599.600.00015	€ 4,00	204,77	€ 20,00	0,15	116,84	28,12	1,75	€ 70,10
400.510.00020	€ 3,30	2.057,05	€ 20,00	0,15	407,71	10,08	5,05	€ 201,82
430.630.00001	€ 1,45	21.233,14	€ 20,00	0,15	1.976,09	4,91	10,75	€ 429,80
430.670.00001	€ 3,25	27.635,03	€ 20,00	0,15	1.505,82	2,78	18,35	€ 734,09
410.560.00001	€ 8,80	994,29	€ 20,00	0,15	173,58	9,28	5,73	€ 229,13
599.600.00003	€ 2,51	107,14	€ 20,00	0,15	106,69	50,50	1,00	€ 40,17
410.520.00006	€ 0,99	3.960,57	€ 20,00	0,15	1.032,87	13,85	3,83	€ 153,38
410.520.00003	€ 2,40	18.206,99	€ 20,00	0,15	1.422,32	3,99	12,80	€ 512,04
410.520.00001	€ 9,85	321,43	€ 20,00	0,15	93,28	14,72	3,45	€ 137,83
410.530.00015	€ 2,50	5.579,44	€ 20,00	0,15	771,45	6,79	7,23	€ 289,30
410.530.00014	€ 3,00	1.920,74	€ 20,00	0,15	413,20	11,43	4,65	€ 185,94
410.550.00004	€ 4,30	390,47	€ 20,00	0,15	155,61	20,90	2,51	€ 100,37
430.610.00001	€ 5,90	607,54	€ 20,00	0,15	165,71	12,28	3,67	€ 146,65
410.540.00001	€ 0,43	18.121,05	€ 20,00	0,15	3.352,29	9,31	5,41	€ 216,22
410.530.00001	€ 1,85	2.204,17	€ 20,00	0,15	563,66	11,51	3,91	€ 156,42
410.530.00005	€ 1,30	8.678,64	€ 20,00	0,15	1.334,25	8,08	6,50	€ 260,18
430.610.00006	€ 3,70	2.131,20	€ 20,00	0,15	391,92	9,53	5,44	€ 217,51
410.530.00021	€ 0,50	9.822,86	€ 20,00	0,15	2.288,85	12,29	4,29	€ 171,66
430.670.00003	€ 1,23	19.292,32	€ 20,00	0,15	2.045,14	5,20	9,43	€ 377,33
410.570.00007	€ 2,60	2.845,71	€ 20,00	0,15	540,25	9,74	5,27	€ 210,70
400.510.00008	€ 2,07	202,54	€ 20,00	0,15	161,53	38,77	1,25	€ 50,16
410.550.00006	€ 3,00	17,01	€ 20,00	0,15	38,89	102,90	0,44	€ 17,50
599.600.00013	€ 0,15	15.979,26	€ 20,00	0,15	5.329,88	16,94	3,00	€ 119,92
430.610.00003	€ 5,60	749,49	€ 20,00	0,15	188,92	13,27	3,97	€ 158,69
410.570.00003	€ 1,03	792,86	€ 20,00	0,15	454,17	28,44	1,75	€ 69,83
410.570.00005	€ 1,63	792,86	€ 20,00	0,15	360,15	22,56	2,20	€ 88,06
410.570.00004	€ 2,28	882,86	€ 20,00	0,15	321,34	18,36	2,75	€ 109,90
400.500.00012	€ 0,45	186.227,14	€ 20,00	0,15	10.505,09	2,89	17,73	€ 709,09
430.610.00005	€ 4,00	1.892,19	€ 20,00	0,15	355,17	9,64	5,33	€ 213,10
410.530.00004	€ 1,22	2.420,24	€ 20,00	0,15	727,33	15,97	3,33	€ 133,10
430.690.00001	€ 0,09	492,48	€ 20,00	0,15	1.185,15	127,89	0,42	€ 16,62
410.560.00002	€ 0,09	750,00	€ 20,00	0,15	1.462,54	103,63	0,51	€ 20,51
430.610.00004	€ 0,08	34,29	€ 20,00	0,15	334,73	518,83	0,10	€ 4,10
599.600.00010	€ 0,08	35.290,93	€ 20,00	0,15	10.739,17	16,06	3,29	€ 131,45
599.600.00012	€ 0,08	2.153,34	€ 20,00	0,15	2.652,75	60,88	0,81	€ 32,47
610.840.00029	€ 7,05	949,09	€ 20,00	0,15	189,47	9,58	5,01	€ 200,37
610.840.00005	€ 7,05	28.658,18	€ 20,00	0,15	1.041,15	1,74	27,53	€ 1.101,02
610.840.00027	€ 7,05	24.955,64	€ 20,00	0,15	971,57	1,87	25,69	€ 1.027,44
610.840.00001	€ 7,05	86.304,00	€ 20,00	0,15	1.806,78	1,00	47,77	€ 1.910,67
610.840.00011	€ 7,05	17.192,73	€ 20,00	0,15	806,42	2,25	21,32	€ 852,79
610.840.00032	€ 7,05	3.370,91	€ 20,00	0,15	357,08	5,08	9,44	€ 377,61
610.840.00019	€ 3,80	12.109,09	€ 20,00	0,15	921,82	3,65	13,14	€ 525,44
610.840.00018	€ 2,10	36.864,00	€ 20,00	0,15	2.163,59	2,82	17,04	€ 681,53
610.840.00012	€ 2,10	170.168,73	€ 20,00	0,15	4.648,52	1,31	36,61	€ 1.464,28
610.840.00022	€ 2,10	57.805,09	€ 20,00	0,15	2.709,30	2,25	21,34	€ 853,43
610.840.00002	€ 2,10	480.816,00	€ 20,00	0,15	7.813,83	0,78	61,53	€ 2.461,36
610.830.00001	€ 3,00	101.458,91	€ 20,00	0,15	3.003,09	1,42	33,78	€ 1.351,39
610.830.00007	€ 0,06	71.214,55	€ 20,00	0,15	17.940,84	12,09	3,97	€ 158,78
610.830.00010	€ 0,08	446.465,45	€ 20,00	0,15	38.197,35	4,11	11,69	€ 467,54

Bibliografia

- Dallari F., Milanato D., 2012, Il planning dei prodotti a bassa domanda, *Logistica*, a. 43, n. 5, pp. 32-35.
- Dallari F., Milanato D., 2013, Dimensionamento corretto delle scorte di sicurezza, *Logistica*, a. 44, n. 1, pp. 35-39.
- De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di gestione della produzione*, Isedi, Torino.
- Furieri T., a.a. 2015-2016, *Test di Kolmogorov-Smirnov nel caso di Osservazioni Dipendenti*, Tesi di laurea triennale, Università degli Studi di Padova, relatore Prof. Attilio Stella.
- John R. Henry, 2013, *Achieving lean changeover putting SMED to work*, CRC Press, New York.
- Milanato D., 2008, *Demand Planning*, Springer-Verlag Italia, Milano.
- Pareschi A., 1994, *Impianti industriali*, Esculapio, Bologna.