

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale



TESI DI LAUREA

L'applicazione della Lean Manufacturing in un'azienda
che lavora su commessa: il caso Cavanna S.p.A.

Relatore: prof. Andrea Sianesi

Tutor aziendale: ing. Paolo Pescatori

Candidato:

Federico Cardano

Mat. 735822

Anno Accademico 2009 – 2010

Sommario

Introduzione	6
Introduction	9
Capitolo 1	12
L'azienda.....	12
Il gruppo Cavanna S.p.A.....	12
Organigramma.....	13
Fatturato	15
Livello di servizio.....	17
I prodotti	18
Cenni sulla gestione della produzione	20
Capitolo 2	23
La progettazione.....	23
Dimensionamento dell'ufficio tecnico	26
I project manager e lo scrum.....	29
La standardizzazione	31
Montaggio e collaudo	36
Il tubo Zero5.....	40
Le isole di montaggio	44
Collaudo	49
Gestione del materiale.....	53
Gestione a Kanban del materiale per il tubo.....	57
Capitolo 3	62
Descrizione del dataset	62
Analisi del tempo di attraversamento.....	63
Analisi dei ritardi.....	67
Analisi dei tempi di lavorazione	70
Conclusione dell'analisi	72
Capitolo 4	74
Indici statistici usati.....	74
Indici di posizionamento centrale	74
Indici di dispersione	74
Indici di correlazione	75
Diagrammi di Gantt	75
Analisi PERT.....	76

Pianificazione MRP	77
Conclusioni	79
Bibliografia	81
Siti web di riferimento	81
Ringraziamenti	82

Indice delle figure, delle tabelle e dei grafici

Figura 1: Organigramma della Cavanna S.p.A.....	13
Figura 2: Organigramma sviluppo prodotto e relazione con i clienti	14
Figura 3: Fatturato 2006 per mercato.....	15
Figura 4: Fatturato 2007 per mercato.....	15
Figura 5: Fatturato 2008 per mercato.....	15
Figura 6:Fatturato per impianto	16
Figura 7: Fatturato per famiglie produttive.....	16
Figura 8: Dati relativi alla puntualità delle commesse.....	17
Figura 9: Dati relativi al tempo di attraversamento delle commesse.....	17
Figura 10: Esempi di prodotti confezionati con pellicola saldabile	18
Figura 11: Esempio di macchina Zero 5.....	18
Figura 12: Schema riassuntivo della Progettazione.....	24
Figura 13: Commesse 2009 per settimana.....	26
Figura 14: Esempio di calcolo disponibilità.....	27
Figura 15: Disponibilità per ufficio	27
Figura 16: Situazione complessiva del dimensionamento	28
Figura 17: Tabellone Scrum.....	29
Figura 18: Cartellino per attività	30
Figura 19: I gruppi individuati dalla prima analisi	32
Figura 20: Tabella sforzo/beneficio 1	34
Figura 21: Tabella per il calcolo dello sforzo di riprogettazione	34
Figura 22: Tabella sforzo/beneficio 2	35
Figura 23: I gruppi scelti per la standardizzazione.....	36
Figura 24: Modulo di raccolta attività non a valore	39
Figura 25: Diagramma Gantt per il montaggio.....	41
Figura 26: Foglio di calcolo per l'inserimento dati.....	42
Figura 27: Confronto ore consuntivo/ore ciclo	42
Figura 28: Tempo di attraversamento consuntivo/obiettivo	43
Figura 29: Perdite divise per tipologia	44
Figura 30: Parte della matrice dei gruppi.....	46
Figura 31: Ore obiettivo/consuntivo per le celle.....	47
Figura 32: Tempi di attraversamento obiettivi/consuntivi per le isole.....	47
Figura 33: Perdite per le isole di montaggio	48
Figura 34: Ciclo di collaudo.....	50
Figura 35: Ore consuntive/obiettivo per collaudo	50
Figura 36: Tempi di attraversamento obiettivi/consuntivi per collaudo.....	51
Figura 37: Perdite per la fase di collaudo	52
Figura 38: Dati sulle giacenze medie degli articoli.....	54
Figura 39: Ritardi degli ordini di produzione	55
Figura 40: Ripartizione dei codici secondo il modo di gestione.....	56
Figura 41: Gruppi di motorizzazioni per l'alimentazione	57
Figura 42: Esempio di famiglia di gruppi	60
Figura 43: Ciclo di lavorazione per la famiglia A.....	60
Figura 44: Famiglie tecnologiche individuate.....	61
Figura 45: Esempio di ordine di produzione	63

Figura 46: Conteggio delle fasi di lavorazione	64
Figura 47: Tempo di attraversamento per fase.....	65
Figura 48: Tempi di attraversamento per fase 2	66
Figura 49: Tempi di attraversamento per le lavorazioni esterne	66
Figura 50: Media di ritardi per mese.....	67
Figura 51: Ritardi per coerenza delle date.....	68
Figura 52: Ritardi per causa	68
Figura 53: Ritardi divisi per commesse	69
Figura 54: Ritardi divisi per gruppi.....	69
Figura 55: Tempi di lavorazione totali e per pezzo	70
Figura 56: Legame tra tempi di attraversamento e di lavorazione	71
Figura 57: Rapporto tra tempo di lavorazione e di attraversamento	72
Figura 58: Ritardi divisi per mese e per coerenza	73
Figura 59: Ritardi divisi per mese e causa	73
Figura 60: Esempio di diagramma Gantt.....	76

Introduzione

A seguito di una sempre più esasperata globalizzazione, dell'estensione dei mercati e dei trasporti e della nascita di concorrenti in paesi con manodopera a basso costo, le aziende italiane sono costrette a esporsi sul mercato mondiale con prodotti innovativi, con prezzi competitivi e con tempi di consegna sempre più ridotti. L'industria italiana, per rimanere competitiva nell'economia mondiale deve tendere a strutture snelle e flessibili, attraverso le quali competere con nuove realtà a costi notevolmente inferiori, mantenendo però una completa soddisfazione delle richieste del cliente.

Temi che sono diventati sempre più critici anche per Cavanna S.p.A., una società per azioni con sede a Prato Sesia (NO), fondata nel 1960 dal Dott. Mario Cavanna. L'azienda opera da sempre nel settore meccanico delle macchine confezionatrici ed esporta i propri impianti ad alto contenuto tecnologico e altissima personalizzazione in tutto il mondo. L'attività dell'azienda consiste nella produzione di macchine semi-automatiche e linee per il confezionamento, generalmente non sottovuoto e senza gas inerte di mantenimento, con alimentazione orizzontale degli articoli da confezionare. L'attività produttiva si estende alla produzione di sistemi di trasporto, di caricamento e d'immagazzinamento, necessari a convogliare e ordinare gli articoli che la macchina andrà ad imballare. Sono realizzati inoltre sistemi di gestione del pre e post confezionamento, con interventi di robot, inscatolatrici, etichettatrici, marcatori e metal detector.

Gli impianti Cavanna sono specializzati nel confezionamento di tipo "flow-pack", una particolare tipologia d'imballaggio di prodotti solidi, con formazione di busta intorno al prodotto, che utilizza film saldabile da una bobina. Tale tipo di confezionamento prevede la chiusura del pacchetto attorno al prodotto da imballare, attraverso una saldatura longitudinale dei lembi del film, disposta sotto il prodotto e con due saldature trasversali alle estremità del tubo così formato. Il pacchetto è in tal modo apribile da entrambi i lati e può contenere e proteggere prodotti alimentari e di altro tipo, in pezzi singoli (imballaggio primario) o raggruppati (confezione secondaria), con o senza l'ausilio di contenitori, cartoncini o vaschette.

L'azienda Cavanna è inserita in un mercato a livello mondiale, con clienti come Danone, Ferrero, Nestlé, Kellogg's, Nabisco e di recente si sta affermando in mercati nuovi quali il

Sudest Asiatico e il Medio Oriente. Vende circa 150 macchine all'anno e ha registrato fatturati in crescita negli ultimi anni. Detiene inoltre novanta brevetti riconosciuti a livello mondiale e investe da molti anni nella ricerca di nuovi materiali ecologici per l'imballaggio e per ridurre la quantità di questo materiale nel processo di packaging.

Nonostante queste ottime premesse, l'azienda ha risentito del periodo di crisi registrando utili in calo per tre anni di seguito e riuscendo a rispettare le date di consegna degli impianti solo nel 10 per cento dei casi.

Per far fronte a queste criticità si è affidata a una squadra di consulenti per implementare una riorganizzazione della produzione e della progettazione secondo i dettami della Lean Manufacturing¹. Questa serie d'interventi e analisi hanno portato a dei miglioramenti, ma di entità molto inferiore rispetto alle previsioni d'inizio progetto. Le cause di questo mancato successo sono molteplici: molte azioni non sono state mai messe in pratica, sono state implementate solo per un breve periodo o in maniera incompleta.

Questa tesi nasce dall'esigenza di fare un'analisi globale sul lavoro dei consulenti e capire quali siano stati i punti di partenza, le proposte e i cambiamenti che hanno introdotto nelle aree di progettazione, fabbricazione dei pezzi, montaggio e collaudo delle macchine confezionatrici. Inoltre, questa tesi cercherà di fornire qualche spunto e parametro per possibili perfezionamenti futuri. Vedremo ora brevemente com'è stato composto il lavoro di tesi.

Nel primo capitolo si delimiterà con più precisione quale sia il contesto in cui hanno operato questi progetti. Saranno descritti, più dettagliatamente e in modo più preciso, l'azienda, gli impianti che essa produce e la gestione della produzione.

Nel secondo capitolo si analizzerà il lavoro che hanno portato avanti i consulenti nelle varie aree aziendali, cercando di cogliere le criticità di ogni fase. Si osserveranno i cambiamenti nella progettazione portati con l'introduzione dello scrum e del project manager, nella gestione dei materiali e delle macchine utensili con l'utilizzo dei kanban e nei reparti di montaggio e di collaudo con la suddivisione dell'area produttiva in celle e la raccolta dati relativa ai tempi.

Il terzo capitolo sarà dedicato al lavoro di analisi effettuato dal candidato su un campione di ordini di produzione scelti in base alla commessa di appartenenza. Lo scopo di

¹ Detta anche produzione snella, è una filosofia industriale che mira a minimizzare gli sprechi come giacenze di magazzino non utilizzate, tempi di attrezzaggio delle macchine e prodotti in sovrapproduzione.

quest'analisi è di scoprire quali siano le cause dei ritardi e di stimare alcuni parametri importanti, come il tempo di attraversamento delle macchine e delle diverse lavorazioni.

L'ultimo capitolo servirà per approfondire alcuni temi di natura teorica che sono stati citati e usati per il lavoro di tesi, come ad esempio la tecnica di gestione dei progetti PERT² e la tecnica di pianificazione MRP.

² Acronimo per *project evaluation and review technique*.

Introduction

After an increasingly exasperated globalization and the growth of companies in developing countries, Italian businesses are forced to compete with highly innovative products and strong investments in research and development. This must be done while gradually reducing production costs and cutting significantly delivery lead times. Corporate organizations need to tend to flexible and lean structures in order to participate in this new context and preserve complete customer satisfaction.

Issues that have become progressively more important for Cavanna, a joint stock company based in northern Italy and founded in 1960 by Mr. Mario Cavanna. The enterprise has always operated in the field of mechanical packaging machinery and equipment. It exports its high-tech and exceptionally customized products to clients all over the world. The core business is the production of semi-automatic machines and packaging lines. The company also manufactures storage facilities and transportation systems, necessary to convey and sort the items the machines will pack. Also, clients can choose between innumerable options such as metal detectors, marking, labeling and boxing devices.

Cavanna packaging lines are specialized in “flow-pack” wrapping. This is a particular type of packaging for solid items that forms an envelope around the product with a sealable plastic wrap. This type of closure is created by a longitudinal weld of the edges of the wrap, below the product and two other welds at the open ends of the tube thus formed. The package can be then opened from both sides and can hold food either in individual pieces (primary) or in groups (secondary). The wrappers may also contain cardboard or plastic boxes to protect the items during transportation and storage.

Some of Cavanna’s clients include Danone, Ferrero, Nestlé, Kellogg’s and Nabisco and recently is becoming an establishment in emerging markets such as Southeast Asia and the Middle East. The sales amount to about 150 machines this year and have constantly grown over a long period of time. Also, the company detains 90 technological patents and has invested in testing new eco-friendly materials and to reduce waste in the packaging process.

Despite these good premises, the company has found itself and is still in a very critical and precarious situation. It has suffered for the economic crisis, even though sales have raised continuously in that same period. Order punctuality is also a big issue, because only 10 per cent of machines were delivered on time.

To address these problems, a team of consultants was entrusted to implement a reorganization of production management according to the Lean Manufacturing³ practice. These series of interventions and analyses have brought some improvements, but not as many as the consultants and the company had originally hoped for. The causes of this failure are many because many projects were never put into practice or they were for a very short lapse of time or incompletely.

This thesis will try to analyze the consultant's work and to understand what has changed in the areas of design, product manufacturing, assembly and testing of the packaging machines. Also, it will try to provide some new ideas and benchmarks for future improvements. The structure and the chapters of thesis will be now be briefly outlined.

In the first chapter, the context in which these projects were implemented will be defined more accurately and with more details. The company's composition, the different type of machines that it produces and the production planning process will be described in this part of the thesis.

The second chapter will be dedicated to analyzing the work that the consultants carried out in various areas and their criticalities. In product design, the introduction of the scrum method and the enhancement of the project manager figure will analyzed. In the area of material and machining centers, the sizing and use of kanban will be explained. Finally, as regards to the assembly areas, the creation of production cells and data collection will be explored.

The third chapter will cover the candidate's analysis of a sample of selected production orders over a period of four months. The purpose of this study was to try to find out what were the causes of delays and to estimate some parameters such as machining center's flow time.

³ A method of production management that aims to minimize waste such as unused warehouse stock, set-up time for machining centers and surplus products.

The last chapter will serve to deepen some theoretical issues that have been cited and used in the thesis, such as the PERT⁴ project management technique and the MRP planning method.

⁴ An acronym for project evaluation and review technique.

L'azienda

In questa sezione del primo capitolo cercheremo di analizzare l'impresa sotto diversi aspetti. L'intenzione di questa parte è fornire al lettore una serie di nozioni utili per comprendere il lavoro dei consulenti che hanno implementato la riorganizzazione della produzione senza ottenere i benefici prefissati.

Il gruppo Cavanna S.p.A.

Oltre allo stabilimento principale di Prato Sesia, in provincia di Novara, l'azienda Cavanna ha aumentato la propria capacità produttiva acquisendo attività in altre zone.

Dati complessivi sul gruppo Cavanna:

Cavanna Italia (Prato Sesia, Novara)

Area produzione: 15.400 mq (era 13.700 nel 2007)

Collaboratori: 284 (228 nel 2007)

Personale R&D: 65 (49 nel 2007)

Media di investimenti in R&D sul fatturato: 3,5%

Media di macchinari prodotti annualmente: 85

Synchrosys (San Mauro Torinese, Torino)

La Synchrosys è una ditta specializzata nella produzione di gruppi per il caricamento e di buffer per macchine confezionatrici. Il cliente principale era l'impresa Cavanna, che per non rischiare di perdere un fornitore indispensabile, ha acquistato l'azienda in difficoltà economica-finanziaria nel 2009.

Area produzione: 2.036 mq (1.336 mq nel 2007)

Collaboratori: 20 (14 nel 2007)

Media di sistemi venduti annualmente: 8

Cavanna Brasile (Embu, São Paulo, Brasile)

Nel 2004, Cavanna ha deciso di trasferire la produzione delle macchine Zero2, quelle dedicate al confezionamento dei cracker e le più standard tra quelle vendute, in un nuovo stabilimento in Brasile.

Area produttiva: 1.800 mq (1.010 mq nel 2007)

Collaboratori: 61 (38 nel 2007)

Media di macchine confezionatrici consegnate annualmente: 25

Rete commerciale

L'azienda ha una vasta rete commerciale che supporta l'attività di vendita e la gestione dei clienti dislocati in ogni angolo del mondo. La rete è composta di due grosse unità commerciali in Germania, negli USA e da 42 uffici di vendita.

Organigramma⁵

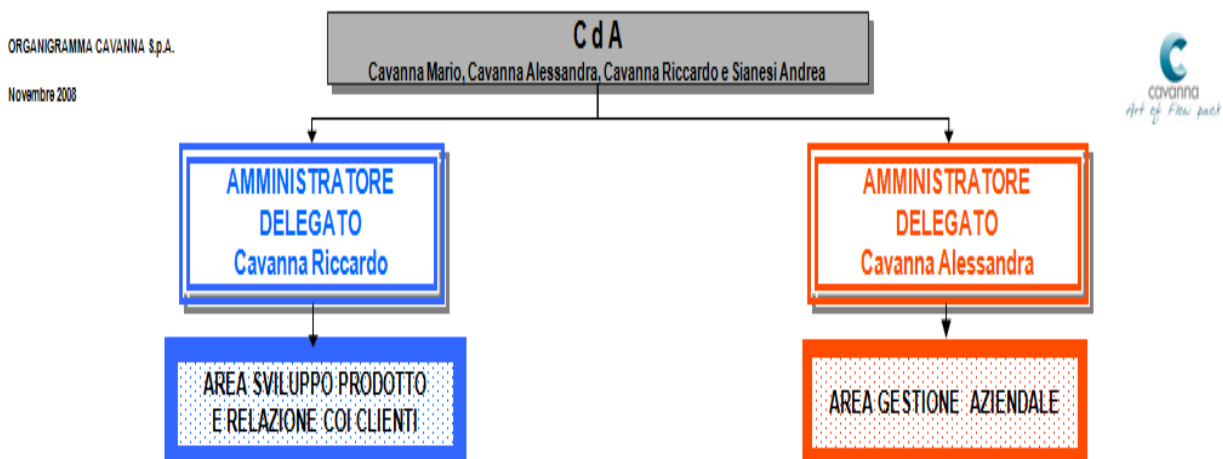


Figura 1: Organigramma della Cavanna S.p.A.

L'azienda è organizzata secondo una logica funzionale ed è divisa in due grandi raggruppamenti che sono gestiti dai due amministratori delegati, Riccardo e Alessandra Cavanna, figli del fondatore Mario Cavanna. Il primo gruppo, gestito da Riccardo

⁵ L'organigramma riportato fa riferimento a Novembre 2008, tuttavia da allora non si sono stati registrati cambiamenti.

Cavanna, si occupa della progettazione, della produzione e di tutta l'area commerciale. La seconda area aziendale, di responsabilità di Alessandra Cavanna, gestisce le risorse umane e la contabilità.

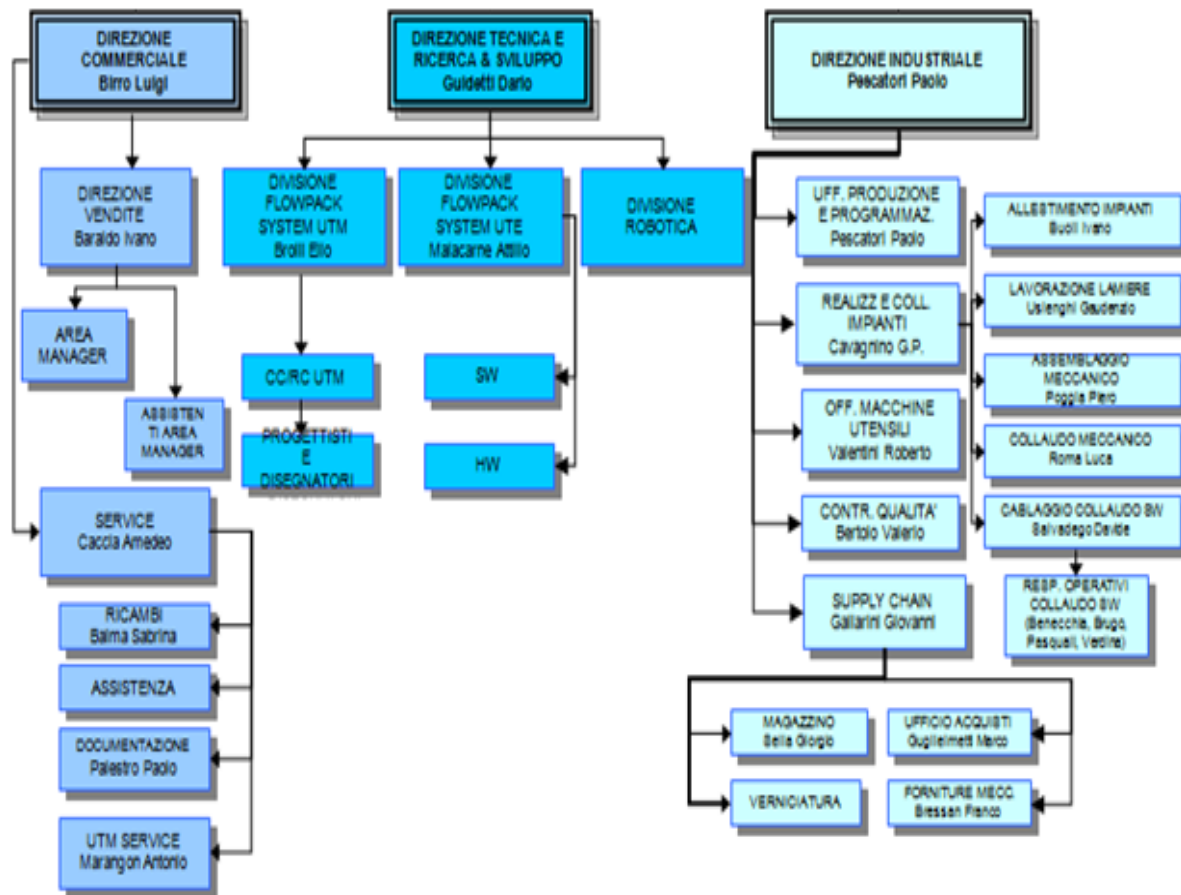


Figura 2: Organigramma sviluppo prodotto e relazione con i clienti

La figura riportata qui sopra mostra l'organizzazione dell'area di sviluppo prodotto e di relazione con il cliente. Sono state unite le aree che si occupano di vendita e di gestione dei ricambi con la progettazione e la produzione. Sebbene quest'unione possa sembrare incoerente, data la diversità delle funzioni, in realtà, trattandosi di un prodotto molto tecnologico e avanzato, rappresenta un punto di forza dell'organizzazione. È inoltre presente in azienda la figura del Project Manager che si occupa del buon esito della commessa collegando tutti i direttori.

Fatturato

I grafici riportati si riferiscono al fatturato dal 2006 al 2008 e sono divisi per mercato geografico.

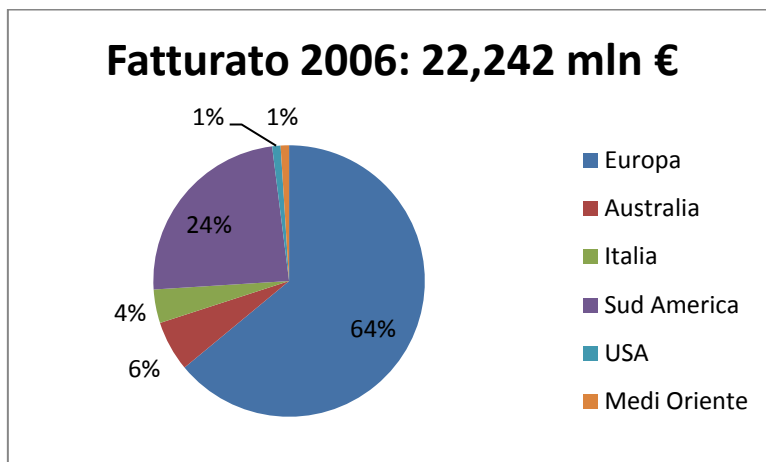


Figura 3: Fatturato 2006 per mercato

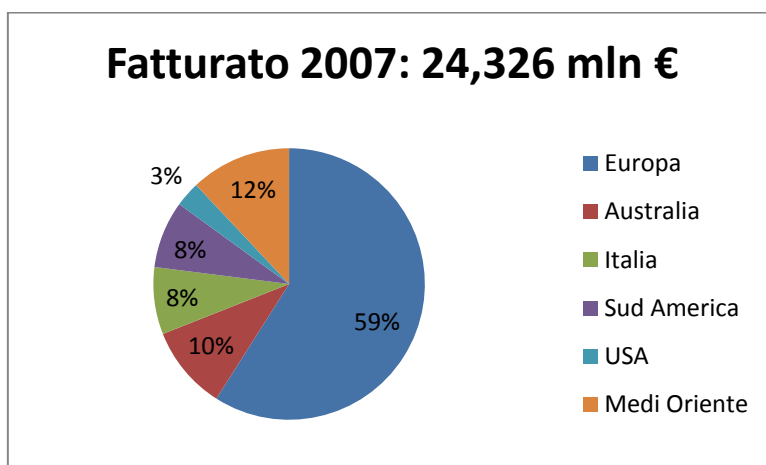


Figura 4: Fatturato 2007 per mercato

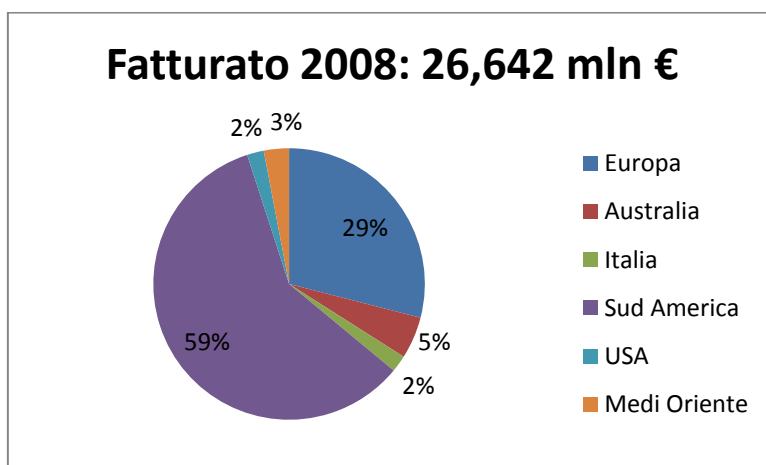


Figura 5: Fatturato 2008 per mercato

Analizzando i dati riportati nei grafici, si rileva che il fatturato è in netta crescita e che i clienti della Cavanna provengono da ogni parte del mondo. Le variazioni forti delle percentuali per le aree geografiche dipendono dalle commesse che l'azienda riceve anno per anno e difficilmente possono essere utilizzati per vedere dei trend nei mercati.

I loro clienti operano nel settore alimentare nel 95 per cento dei casi e nel settore farmaceutico nel 5 per cento dei casi. Lo schema allegato mostra come si distribuisce percentualmente il fatturato tra le diverse tipologie d'impianti venduti nell'anno 2008.

Impianti	Macchine	Luogo di produzione	% sul fatturato 2008
Flow Pack (confezionatrici orizzontali)	Zero 5	Prato Sesia	85%
	Zero 4	Prato Sesia	5%
	Zero 2	Embu	
Robotica	G35	Prato Sesia	10%

Figura 6:Fatturato per impianto

L'impianto che contribuisce di più al fatturato è senza dubbio la macchina Zero 5, che rappresenta anche la più standardizzata tra quelle prodotte nello stabilimento di Prato Sesia. La tabella in basso analizza più nello specifico la distribuzione del fatturato per famiglia produttiva, nella fabbrica di Prato Sesia. Oltre alla tipologia di macchinario, si tiene conto del tipo di caricatore, che può essere orizzontale o verticale, e del buffer.

	Quantità consegnata 2007	Percentuale sul fatturato	Quantità consegnata 2008	Percentuale sul fatturato
Macchina Zero5	65	43,51%	45	27,31%
Macchina Zero4	11	4,97%	7	2,98%
Caricatore orizzontale	46	27,62%	26	21,85%
Caricatore verticale	12	10,60%	20	22,27%
Buffer	11	10,05%	10	13,96%
Robot	4	3,25%	4	11,64%

Figura 7: Fatturato per famiglie produttive

Livello di servizio

La ditta Cavanna produce impianti di packaging su commessa, questo significa che tutta l'attività di gestione e di pianificazione concernente le operations⁶ è fatta per rispettare una data di consegna. Di conseguenza è fondamentale, come misura del livello di servizio, fare un'analisi sulla puntualità delle commesse che, come accennato nell'introduzione, è uno dei punti di maggiore criticità dell'azienda.

Anno	Numero Commesse	Ritardo medio (gg)	Ritardo massimo (gg)	Anticipo massimo (gg)	Percentuale consegne con ritardo di 15-30 gg	Percentuale con > 30 gg ritardo
2006	44	30	88	10	22%	40%
2007	59	23	217	41	18%	31%
2008	37	42	97	60	19%	71%

Figura 8: Dati relativi alla puntualità delle commesse

Anno	Media del tempo di attraversamento commessa (gg)	Deviazione standard del tempo di attraversamento (gg)	Coefficiente di variazione (gg)
2006	189	50	26,46%
2007	220	77	35,00%
2008	292	89	30,48%

Figura 9: Dati relativi al tempo di attraversamento delle commesse

Unendo i dati delle due tabelle si può evincere le problematiche dell'azienda nel rispetto delle date di consegna. I ritardi, in media, sono elevati e in crescita. La maggiore parte degli impianti è consegnata con una dilazione di superiore ai quindici giorni. Anche il tempo di attraversamento delle commesse è in aumento e, guardando i dati riguardanti la deviazione standard⁷, ha una variabilità elevata. Tutto ciò è sintomatico di una struttura produttiva e organizzativa che fatica a rispondere alle nuove esigenze dei clienti.

⁶ Tutte le funzioni aziendali coinvolte nella creazione di un prodotto per un cliente. La produzione, la progettazione e la logistica fanno parte di questo raggruppamento.

⁷ Gli indici statistici, come media, deviazione standard e coefficiente di variazione saranno spiegati nell'ultimo capitolo della tesi.

I prodotti

Il *core business* della Cavanna è la produzione di macchine per il confezionamento con film saldabile, nella maggioranza dei casi, di prodotti alimentari e in piccola misura di articoli farmaceutici.



Figura 10: Esempi di prodotti confezionati con pellicola saldabile

Con il termine “macchina”, s’intende un insieme di tre gruppi diversi: il caricatore, la macchina confezionatrice e l’uscita, ognuno dei quali assolve una specifica funzione. Il *caricatore o alimentazione della macchina* è un gruppo adibito al caricamento sulla confezionatrice dei prodotti da imballare, in modo manuale o automatico, collegato direttamente con l’impianto di produzione all’inizio. La *confezionatrice* rappresenta l’elemento di confezionamento dei prodotti ed è venduta principalmente in tre serie: la Zero 2, prodotta in Brasile e specializzata per i cracker, la Zero 4 e la Zero 5, concepiti nell’impianto di Prato Sesia. L’*uscita* permette lo scarico dei pacchetti e instrada questi verso un eventuale trasportatore posto a valle dalla macchina.



Figura 11: Esempio di macchina Zero 5

Non sono prodotte solo macchine nuove, ma anche pezzi e gruppi di ricambio per impianti già esistenti. Inoltre, sono consegnati su richiesta alcuni gruppi aggiuntivi posti all'inizio e a valle della macchina. Alcuni esempi possono essere magazzini verticali o orizzontali, detti *buffer*, robot per il trasporto del materiale da una linea a un'altra e gruppi per l'imballaggio successivo in scatole di cartone, detti TPC, cioè "taglia piega cartone".

La prima grossa distinzione che si possa fare è tra macchine meccaniche ed elettroniche. La prima categoria di macchine basa il proprio funzionamento solo sui principi meccanici, mentre la seconda accorpa la parte meccanica con un'elettronica che ne guida il funzionamento e ne migliora le prestazioni. L'architettura modulare di questi prodotti ci permette di scindere le due parti e trattarle in maniera indipendente. Sono poi interfacciate e unite, creando così la macchina elettronica a partire dalle fasi di montaggio e di collaudo.

Una seconda suddivisione riguarda l'utilizzo delle macchine piuttosto che la loro conformazione e riguarda la divisione tra i *single pack* e le *multi pack*. Le prime permettono l'incarto primario di articoli, sia singolarmente sia in pacchetti da più unità, le seconde, invece, imballano più confezioni singole in un unico pacco più grosso. Le *multi pack*, in genere, si trovano a valle di una o più *single pack* all'interno di una linea di confezionamento.

Entrambe le tipologie possono garantire più formati di confezionamento in output. Il formato di confezionamento determina le caratteristiche di una confezione specifica per quanto riguarda forma e dimensione, disposizione e numero di prodotti nel pacchetto, tipo di materiale d'incarto e tipologia di saldatura della pellicola.

Una terza ripartizione riguarda la tipologia di caricamento fatta sulle macchine, che può essere manuale, semiautomatico o automatico. Nel caso di macchine "manuali", il caricamento è eseguito da operatori che prelevano gli articoli dall'uscita dello stadio produttivo e li portano all'alimentazione della confezionatrice. Le "semiautomatiche" sono sempre caricate da operatori, ma i prodotti arrivano a bordo macchina attraverso dei trasportatori automatici con una determinata cadenza e ritmo. Infine, le "automatiche" vedono arrivare i prodotti direttamente dallo stadio a monte, attraverso nastri trasportatori, senza l'intervento umano. Quest'ultima categoria garantisce alte prestazioni in termini di velocità di confezionamento, ma deve essere progettata per rispettare tutti i vincoli di cadenza produttiva sia del sistema a monte sia a valle dell'impianto di confezionamento.

Cenni sulla gestione della produzione

La prima fase nasce dopo aver definito con il cliente le specifiche generali dell'impianto e la data di consegna dello stesso. Durante una riunione, detta *riunione prepico*, tra il project manager responsabile della commessa e i responsabili delle diverse aree di progettazione si definiscono i diversi gruppi che comporranno l'impianto e le diverse fasi della commessa. Queste fasi includono la progettazione dei vari gruppi, la produzione degli articoli, il montaggio dei gruppi e della macchina, il collaudo, lo smontaggio e la spedizione della macchina al cliente. Il project manager in seguito organizza le varie fasi della commessa secondo vincoli di natura temporale; per esempio un'alimentazione dovrà essere progettata prima di poterla montare e prima di poter collaudare la macchina completa, e invia tutte queste informazioni all'ufficio produzione.

Questi dati che si riferiscono alle fasi delle commesse e delle precedenze temporali sono organizzati in un diagramma di Gantt. I tempi di attraversamento di ogni fase sono stimati calcolando una media dei dati storici nel Baan⁸ e per ogni fase si computano la data d'inizio al più presto e la data d'inizio al più tardi. La data d'inizio al più presto significa che se tutte le attività precedenti fossero finite il prima possibile, la fase potrebbe incominciare da quella data. La data d'inizio al più tardi, invece, indica l'ultima data possibile per iniziare l'attività in modo che non mandi in ritardo l'intera commessa. Se queste due date coincidono, si parla di un'attività critica, cioè che non può subire un giorno di ritardo senza ritardare la consegna di tutta la commessa.

Si utilizzano questo diagramma di Gantt e queste date come punto di partenza per l'analisi PERT che restituisce la probabilità che una commessa subisca un ritardo. Se questa probabilità supera una soglia prefissata, il sistema segnala il problema e l'insieme delle attività critiche della commessa. In questo caso, si cercherà di porre rimedio a questo problema, magari velocizzando la fase di approvvigionamento dei pezzi o cambiando la data di consegna finale.

Da questo punto in poi inizia la pianificazione dettagliata per tutti gli *articoli personalizzati*⁹ della commessa. Sono articoli che esistono solo perché ci sono le commesse di cui fanno parte, transitano dal magazzino solo durante la vita di quest'ultime e non dovranno essere più presenti a stock dopo la chiusura delle commesse. Alcuni esempi di articoli

⁸ Baan è il sistema informativo aziendale usato dall'impresa Cavanna.

⁹ Un articolo personalizzato è formato da un insieme di articoli standard

personalizzati sono le alimentazioni, le motorizzazioni, i gruppi uscita e tutti i gruppi che compongono gli impianti. Questi articoli sono progettati dall'Ufficio Tecnico e la Produzione dovrà creare un ciclo di lavorazione e/o montaggio per poi processarli con il sistema PRP dedicato a pianificare i fabbisogni degli articoli personalizzati. Questo sistema darà in output le date di consegna dei gruppi e i fabbisogni di articoli standard per ogni periodo.

Gli articoli standard, invece, possono essere presenti a magazzino anche dopo la fine della commessa, sono prodotti con un ciclo di lavorazione e sono costificati in base ai costi stimati di manodopera e di materiale. Sono articoli standard, per esempio, gli alberi, gli ingranaggi, le calotte, i dadi e le piastre. La gestione di questi prodotti è gestita dal sistema MRP, che pianifica i fabbisogni di articoli standard. Questo sistema, processando tutte le informazioni riguardanti i cicli, tempi di attraversamento dei pezzi e fabbisogni, restituisce le date d'inizio e di fine produzione dei pezzi.

Questa fase presenta due grosse criticità che sono corrette manualmente dall'addetto responsabile della pianificazione del MRP. Il primo è che il MRP esegue i calcoli considerando infinita la capacità produttiva del sistema in termini di ore disponibili, quindi le date d'inizio produzione devono essere corrette manualmente per garantire la fattibilità e la coerenza. Inoltre, i tempi di attraversamento, usati per la pianificazione, sono calcolati sommando solo i tempi tecnici di lavorazione, senza tenere conto di eventuali code davanti alle macchine e di eventuali disturbi. In questo caso, i tempi di attraversamento sono notevolmente sottostimati e, per non ritardare il montaggio dei gruppi, le date d'inizio produzione sono anticipate di qualche giorno dall'addetto dell'ufficio produzione.

Infine, le bolle degli ordini di produzione con i disegni e i cicli di lavorazione dei pezzi sono consegnati al caporeparto delle macchine utensili. Questi raggruppa gli ordini in base ai cicli di lavorazione dei pezzi e decide le priorità dei pezzi secondo un proprio procedimento. Fondamentalmente il caporeparto non segue le date d'inizio produzione riportate sugli ordini, ma guarda ai prelievi futuri pianificati per quello specifico articolo. La metodologia ha un senso perché il montaggio dei gruppi di cui fa parte il pezzo è sovente rinviato per varie problematiche e la fabbricazione del pezzo può essere ritardata senza causare problemi. Nonostante quest'aspetto favorevole, è un metodo molto rischioso, perché i prelievi futuri dipendono da quali gruppi siano stati pianificati in quel momento e basta inserire una nuova commessa, che utilizza quell'articolo, per cambiare drasticamente la situazione. Inoltre, nella fase di pianificazione si conoscono già

quelle che saranno le commesse non ancora pianificate e spesso si decidono le date di conseguenza. Queste informazioni non sono conosciute dal caporeparto che crede di vedere date incongruenti con i fabbisogni, che in realtà non lo sono per niente. Questa situazione sarà il punto di partenza dell'analisi svolta dal candidato su un campione di ordini di produzione, che sarà descritta nel capitolo 3.

La progettazione

La progettazione è la serie di attività necessarie a tradurre i requisiti dei clienti in specifiche tecniche di un prodotto ed è il frutto del lavoro di persone interne ed esterne all'ufficio tecnico. Nel caso di Cavanna è un processo complesso che parte dall'esigenza del cliente in termini di prodotti da imballare, formati diversi e numero di pacchetti imballati al minuto e si traduce da parte dell'azienda in scelte di motorizzazioni, di tipologia di macchina, di alimentazione, di uscita, etc. Il processo ha tempi stretti e non tollera variazioni o imprevisti perché tutti i problemi si ripercuotono sulle fasi successive di produzione e di collaudo.

Il processo di progettazione è formato da due macrofasi: la fase di preventivazione e di definizione dell'offerta e, in seguito, la progettazione di dettaglio dell'impianto. La prima fase è affidata all'ente di system engineering che coordina le informazioni provenienti dall'area commerciale e dalla direzione tecnica, e definisce il lay-out dell'impianto e i tempi/costi dell'intera commessa. Inoltre, è definita una distinta base della commessa partendo da una precedente, con qualche modifica riportata dalla direzione tecnica. Questa distinta base è utilizzata soprattutto per il preventivo dei costi e tempi ed è inviata alla fase di produzione per iniziare a pianificare i fabbisogni di articoli.

A questo punto, inizia la fase di pianificazione dettagliata di tutti gli elementi che compongono una commessa. La figura di riferimento per questo stadio è il capocommessa, che pianifica e guida il lavoro dei progettisti, appartenenti all'ufficio tecnico meccanico, elettrico, software e robotico, che sono condivisi tra più commesse. Questa pianificazione è fatta dal capocommessa al momento del lancio della commessa sul sistema informativo Baan in completa autonomia e senza tenere conto di altre commesse future o già in fase di elaborazione. Il capocommessa funge anche da elemento di collegamento tra il cliente e la progettazione dell'impianto, comunicando i progressi e le soluzioni adottate e, se necessario, modificando il prodotto per rispondere meglio alle esigenze del cliente.

La fase finale della progettazione consiste nell'inviare all'ufficio produzione tutti i documenti necessari per le fasi successive, come per esempio i disegni dei gruppi, di eventuali nuovi articoli e le distinte basi di tutti i gruppi che fanno parte del nuovo impianto.

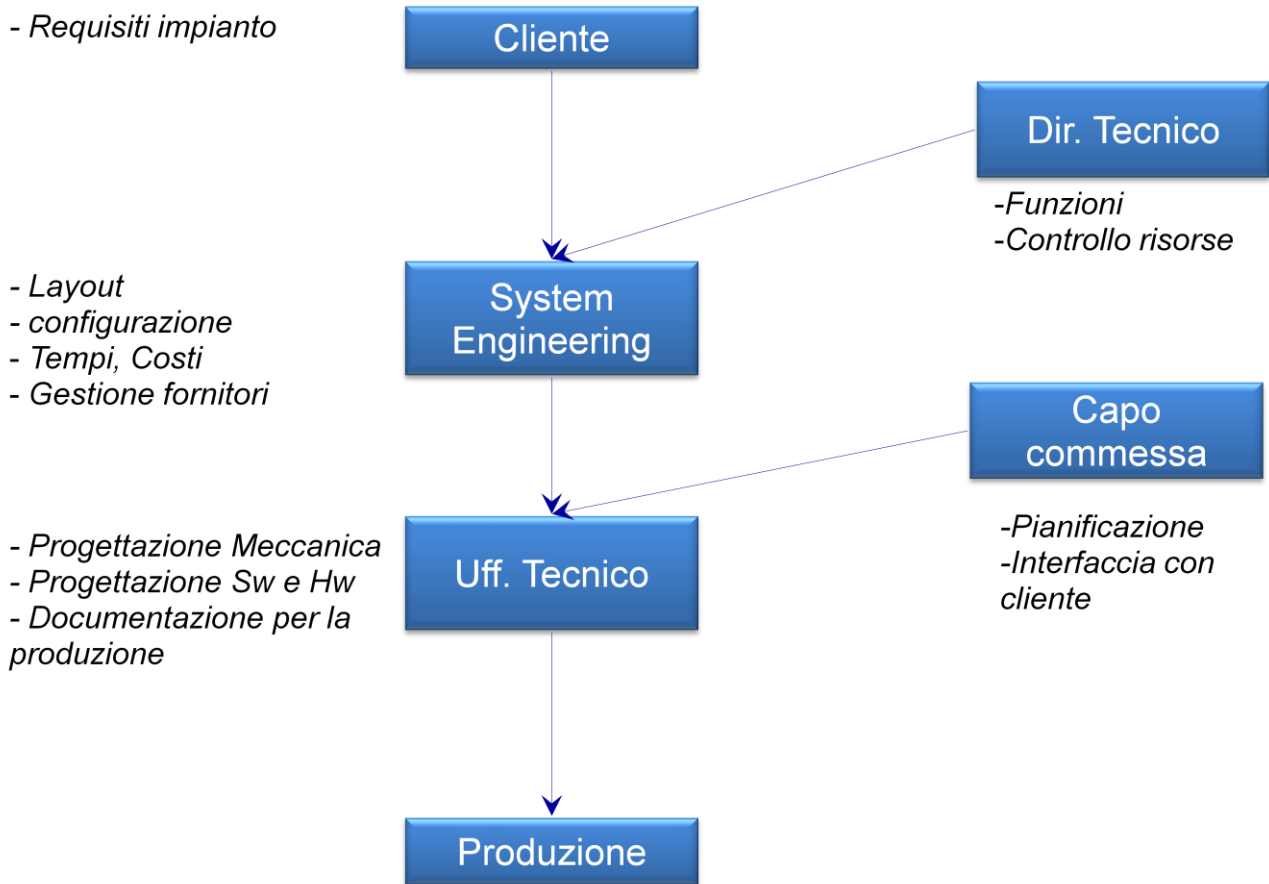


Figura 12: Schema riassuntivo della Progettazione

Questo processo, tuttavia, non è esente da alcune problematiche, che derivano da tre cause. Il primo gruppo di criticità nasce dalla mancanza di una metodologia standard di pianificazione del lavoro dell'ufficio tecnico. Il capocommessa inserisce la commessa su Baan, ma il sistema informativo non permette di vedere i carichi previsti sulle varie risorse, perché pianifica ogni commessa come se fosse l'unica. Oltre a questo, per il carico assegnato a ogni progettista, si tiene conto di una disponibilità media di cinque ore al giorno per progettare, un dato ritenuto verosimile ma che non è mai stato confrontato con i dati di consuntivo. Quest'ultimo problema nasce dal fatto che i dati di consuntivo non sono mai utilizzati né per aggiustare le previsioni future né per evidenziare problematiche, ma sono solo raccolti e usati per calcolare il costo reale dell'impianto. Sintetizzando si può

dire che la gestione della progettazione è guidata secondo l'esperienza di ogni capocommessa senza una metodologia standard e senza vedere gli scostamenti rispetto a quanto inizialmente previsto.

Il secondo gruppo di problemi nasce da un'incompleta standardizzazione del prodotto e dal considerare ogni impianto quasi come un prototipo. Sebbene esistano delle tipologie di macchine e di gruppi "standard", essi sono considerati solo come dei punti di partenza per progettare l'impianto e sono introdotte numerose modifiche. Questo, oltre ad aumentare i tempi e i costi dedicati alla progettazione, crea circa sette nuovi articoli ogni giorno. Per ognuno di questi nuovi articoli bisogna controllare il disegno, stimare i costi, decidere se sia di produzione o di acquisto, progettare il ciclo di fabbricazione e decidere il fornitore a cui affidare la lavorazione. Inoltre, molti di questi articoli sostituiscono altri usati in precedenza e sono rapidamente sostituiti a loro volta, creando circa cinque milioni di euro di scorte a valore che non sono mossi da almeno tre anni perché formate da articoli obsoleti. Sicuramente bisognerà personalizzare gli impianti secondo i requisiti dei clienti, ma anche cercare di standardizzare tutto ciò che non è un valore aggiunto per il cliente per ridurre queste problematiche.

Il terzo insieme di criticità nasce dalla cattiva gestione dei documenti, soprattutto le distinte basi per la produzione che è, all'interno della *supply chain*¹⁰, il cliente della progettazione. Queste distinte basi, che sono utilizzate per alimentare la pianificazione MRP e per dare inizio alla fabbricazione dei pezzi, sono spesso consegnate in ritardo e sono modificate più volte, addirittura arrivando a sostituire o aggiungere articoli nuovi mentre il gruppo si trova nella fase di montaggio. Questo va ad aumentare la variabilità e a creare problemi per la fase di produzione, inevitabilmente mandando in ritardo le fasi successive e portando a numerosi errori. Bisognerebbe avere delle date di consegna per ogni fase della commessa, sapendo che i ritardi e i problemi di una parte si ripercuotono su tutte quelle successive.

I consulenti hanno cercato di risolvere queste problematiche con i seguenti progetti di miglioramento nell'ufficio tecnico.

¹⁰ Catena di distribuzione di funzioni aziendali coinvolte in flussi di prodotti, servizi o informazioni dalla materia prima fino all'ultimo cliente.

Dimensionamento dell'ufficio tecnico

Il primo progetto eseguito dai consulenti riguarda il dimensionamento della capacità dell'ufficio tecnico meccanico, elettrico e del software, tenendo conto di tutti i disturbi e degli altri impegni dei progettisti.

Sono partiti dal calcolare quante commesse mediamente entrano ogni settimana nell'ufficio tecnico e per fare ciò hanno usato i dati concernenti i primi cinque mesi del 2009.

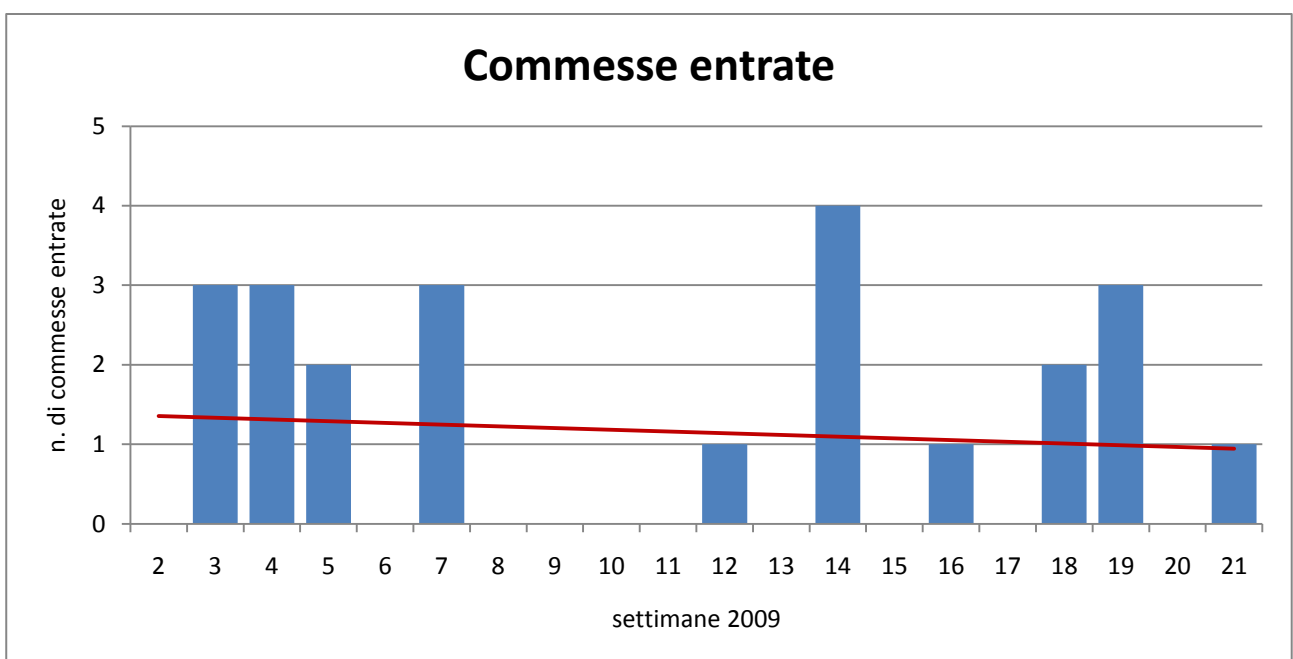


Figura 13: Commesse 2009 per settimana

Calcolando una media dei dati riportati, solitamente entrano 1,15 commesse alla settimana e, secondo il *Takt Time*, una commessa dovrebbe uscire ogni 34,8 ore. Il *Takt Time*, cui si faceva riferimento prima, è il ritmo che la produzione dovrebbe avere per soddisfare le richieste dei clienti ed è calcolata nel seguente modo:

$$\frac{\text{Tempo disponibile nel periodo (h)}}{\text{Richiesta del cliente nel periodo (h)}}$$

Dopo questa fase bisogna capire quale sia l'effettiva disponibilità di ogni progettista e per questo i consulenti hanno creato un database dei disturbi che mediamente ha ogni singolo dipendente. Un disturbo è tutto ciò che non è ritenuto di valore da parte del cliente come

cercare informazioni o il tempo dedicato alla risoluzione di problemi del software utilizzato. Inoltre, i capicommissa possono dedicare solo una piccola parte del loro tempo alla progettazione perché devono provvedere ad attività di pianificazione e d'interfaccia con i clienti. Breve esempio per capire come hanno ragionato i consulenti:

	Progettista	Capicommissa	
Bianchi	98%		
Colombo	96%		
Rossi	97%		
Verdi	90%		
Ferrari		27%	
Totale	3,81	0,27	4,08

Figura 14: Esempio di calcolo disponibilità

Per ogni dipendente è riportata la disponibilità percentuale al netto dei disturbi e vediamo che il sig. Ferrari, essendo un capocommissa, può dedicare solo una piccola percentuale del suo tempo all'attività di progettazione. Sommando tutte le disponibilità percentuali si scopre che mediamente è come se fossero disponibili quattro persone su cinque per l'attività di progettazione. I dati che hanno raccolto i consulenti divisi per ufficio sono:

	Numero teorico di persone disponibili	Numero di persone al netto dei disturbi
UTM	17	10,5
UTE	4	2,8
UTS	7	5,9
Totale	28	19,2

Figura 15: Disponibilità per ufficio

Lo step successivo consiste nel confrontare le ore previste per la progettazione di ogni commessa e confrontarle con le ore effettivamente spese per avere un'idea dell'errore del budget. Si è scoperto che mediamente le ore effettive sono maggiori del 78% di quelle stimate in fase di budget, questo dato sarà utilizzato per "correggere" tutti i dati successivi di budget.

Numero medio di commesse entrate per settimana:	1,15
Takt time (ore)	34,8
Process time (media dei dati di budget)	418
Process time corretto	595
Persone necessarie	17,1
Persone disponibili	21,2
Persone disponibili	19,3
Solo UTM:	
Process time (media dei dati di budget)	230
Process time corretto	328
Persone necessarie	9,42
Persone disponibili	10,5
UTE + UTS:	
Process time (media dei dati di budget)	188
Process time corretto	268
Persone necessarie	7,7
Persone disponibili	8,7

Figura 16: Situazione complessiva del dimensionamento

Nella tabella riportata si vede che mediamente una commessa avrà bisogno di 418 ore di progettazione, divisi in 230 nel UTM e 188 negli altri. Moltiplicando questo dato per 1,78 e poi per 0,8, tenendo conto che il venti per cento del tempo sarà dedicato all'assistenza ad altre funzioni aziendali, un dato già contenuto nel calcolo delle persone disponibili, si scopre che il vero fabbisogno sarà di 595 ore. Dividendo questo per il *Takt Time* di 34,8, si ha il numero di persone mediamente necessarie per la progettazione, che sono di 9,42 per il UTM e 7,7 per gli altri, entrambi ben al di sotto della disponibilità attuale.

Oltre a verificare la capacità di soddisfare la domanda, questo progetto deve porre le basi per una pianificazione strutturata dell'attività dell'ufficio tecnico. Senza questi dati non è possibile pianificare le attività senza rischiare di sovraccaricare i compiti per certe settimane.

I project manager e lo scrum

La figura del project manager nasce dall'esigenza di seguire una commessa lungo tutto l'arco della sua vita e di mantenere la coerenza tra le varie fasi in modo da finire tutti i gruppi nello stesso periodo. Devono anche provvedere, tramite l'utilizzo di MS Project¹¹, a stimare tutti i carichi dei vari reparti e uffici per ogni settimana. Inoltre, sono responsabili di 2-3 commesse che devono, in fase di pre - progettazione, scindere in varie attività per la fase di progettazione e calcolare per ognuna di queste un lead time e la data di consegna. Quest'ultima attività è la base della pianificazione mediante scrum del lavoro dell'ufficio tecnico.

La pianificazione scrum è fatta su base bisettimanale ed è svolta utilizzando il tabellone posto nell'ufficio tecnico. Il tabellone prevede un'area dedicata alle "storie", cioè le commesse o altre macro attività da svolgere divise in attività, riportate nella colonna successiva. Queste attività rappresentano l'insieme di lavori che verranno man mano assegnati alle varie risorse.

SCRUM						
RISORSA	DA FARE	IN CORSO	FATTO		STORIE	ATTIVITA'

Figura 17: Tabellone Scrum

¹¹ Un applicativo Microsoft specializzato nella gestione di progetti.

Per ogni attività da svolgere sarà creato un bigliettino come riportato sotto in cui saranno compilati:

- **Commessa:** la commessa o macroattività cui appartiene.
- **H.P. :** le ore preventivate per l'attività.
- **H.C. :** le ore effettivamente usate.
- **F.P. :** la data di fine attività prevista.
- **F.E. :** la data effettiva di fine dell'attività.

COMMESSA				
RIS.	H.P.	H.C.	F.P.	F.E.
ATTIVITA'				

Figura 18: Cartellino per attività

Ogni settimana i project manager assegneranno le attività, secondo una priorità definita dalla direzione, alle varie risorse per le due settimane successive, spostando i cartellini nella colonna “da fare” dei dipendenti. La somma delle ore previste non dovrà superare il carico massimo previsto per ogni risorsa e dovranno essere incluse tutte le attività già note, anche se non presenti nelle storie come le ferie o le trasferte. Una volta che s'intraprende un'attività, il dipendente dovrà spostare il cartellino nella colonna “in corso” per poi metterla nella colonna “fatto” una volta terminata. Una volta portato a termine un'attività dovrà compilare le ore effettivamente impiegate nella colonna H.C. e la data effettiva di fine nella colonna F.E. Inoltre, qualsiasi attività non pianificata, come malattie, riunioni o prove in officina, dovrà essere messa sul tabellone scrum con dei bigliettini gialli, che riportano una breve descrizione e le ore spese.

I primi due progetti hanno creato una metodologia di pianificazione standard basata su un corretto dimensionamento della capacità e sempre confrontato e corretto con i dati raccolti a consuntivo. Si è ottimizzato il carico di lavoro per ogni risorsa e il tabellone scrum è uno strumento utile e di facile lettura per capire quali siano le attività in lavorazione e quali saranno effettuate nelle prossime settimane.

Nonostante questi aspetti positivi, rimangono irrisolte alcune problematiche. Anche con l'introduzione della figura del project manager è molto difficile verificare la coerenza dei gruppi appartenenti a una commessa. Questo perché i numerosi gruppi sono affidati a diversi progettisti, magari anche in settimane diverse, e sia il capocommessa sia il project manager, cui sono assegnate diverse commesse contemporaneamente, non riescono a controllare tutti i dettagli dei disegni appartenenti ad una stessa commessa. Questo porta spesso a incongruenze ed errori che sono scoperti solo nelle fasi di montaggio o di collaudo del gruppo, causando rallentamenti e fermate. Sebbene vi siano delle date di consegna per tutti i gruppi, molto spesso i disegni e le distinte basi sono modificati più volte nonostante la fase di progettazione dovrebbe essere chiusa causando ritardi non previsti.

Non si è ancora risolto, o cercato di eliminare, il problema riguardante la verifica della qualità e della congruenza dei disegni prima di iniziare la fase di montaggio. Una possibile soluzione potrebbe essere quella di dedicare più tempo e risorse alla verifica dei disegni di progetto della commessa ma bisognerebbe valutare se questi costi e tempi aggiuntivi siano minori di quelli che si risparmierebbero nella fase di montaggio.

La standardizzazione

Per il progetto di standardizzazione, i consulenti hanno adottato una metodologia per trovare tra tutti i gruppi quelli che fossero più adatti alla standardizzazione e hanno stimato i benefici ottenibili standardizzando i gruppi più promettenti. Il primo step è stato di individuare delle metriche di giudizio che evidenzino i gruppi più incoraggianti per un lavoro di standardizzazione. Le metriche di giudizio e i criteri di scelta sono i seguenti:

- **Trend Commerciale:** voto compreso tra 1 e 4 per esprimere la possibilità di utilizzo futuro del gruppo. A tal fine sono stati considerati solo i gruppi con una valutazione maggiore di due.
- **Necessità di riprogettazione:** voto compreso tra 1 e 4 per valutare il bisogno di riprogettare da capo il gruppo ogni qualvolta sia usato.

- **Necessità d'industrializzazione:** un voto compreso tra 1 e 4 per valorizzare il fabbisogno di industrializzare il gruppo ogni volta che è usato. Sono stati scelti i gruppi con voto maggiore di due.
- **Ricorrenza:** Il numero di volte che è stato progettato il gruppo lungo un periodo di analisi di due anni, dal 2006 al 2008.
- **Costo:** somma totale di costi di materiale e di operazioni per quel gruppo. Sono stati scelti solo i gruppi con Costo x Ricorrenza maggiore di 70.000 €.
- **Costo (h) per l'ufficio tecnico:** ore necessarie per l'emissione del gruppo nell'ufficio tecnico.

Sono stati esclusi dall'analisi tutti i gruppi che fanno parte del gruppo macchina per implicazioni di natura strategico/commerciale. Dopo questa fase sono stati individuati 14 gruppi che compongono il 14% del fatturato medio annuo relativo alla vendita di macchine confezionatrici.

GRUPPO	TREND UC	RICORRENZA (N°)	COSTO (€)	COSTO x RICORRENZA	COSTO EMISSIONE (h)	COSTO EMISSIONE X RICORRENZA (h)	NECESSITA' DI RIPROGETTARE	NECESSITA' DI INDUSTRIALIZZ.	
SBF	↗	3	17 € 38.547	€ 655.299	16	272	✓	1 ✗	4
ALM-STREAM	↗	3	35 € 15.358	€ 537.530	8	280	✓	1 ✗	4
DITA LATERALI	↑	4	39 € 9.629	€ 375.531	8	312	⚠	3 ✗	4
TRF NKZ "VELOCE"	↗	3	16 € 20.711	€ 331.376	8	128	⚠	3 ✗	4
BUFFER - LIVELLI	↗	3	4 € 69.850	€ 279.400	40	160	⚠	2 ⚠	3
ALM-NKZ	↑	4	31 € 10.700	€ 331.700	40	1240	⚠	2 ✗	4
PSA	↗	3	6 € 41.412	€ 248.472	80	480	✗	4 ✗	4
DR	↗	3	16 € 13.500	€ 216.000	40	640	⚠	3 ✗	4
MAF	↗	3	5 € 41.509	€ 207.545	80	400	⚠	2 ✗	4
CIRCUITI SUPERIORI	↗	3	22 € 7.718	€ 169.796	120	2640	⚠	2 ✗	4
ALM - STOPPING	↗	3	9 € 16.713	€ 150.417	120	1080	⚠	3 ⚠	3
TRF NKZ "LENTO"	↗	3	17 € 7.385	€ 125.545	16	272	⚠	2 ✗	4
NASTRERIA	↗	3	14 € 8.865	€ 124.110	40	560	⚠	2 ✗	4
HMC	↗	3	3 € 28.345	€ 85.035	120	360	✗	4 ✗	4
			€ 330.242	€ 3.837.756	736	8824			

Figura 19: I gruppi individuati dalla prima analisi

Di questo primo raggruppamento sono stati scelti quattro gruppi (evidenziati nella tabella riportata) per fare una stima dettagliata, con l'aiuto dell'ufficio tecnico, dei costi/benefici. Da questo primo campione si è ottenuta una metodologia di calcolo per stimare il rapporto costi/benefici per gli altri dieci prodotti.

Il primo passo è stato di assegnare a tutti i gruppi un coefficiente compreso tra 0 e 1 per valutare la complessità del gruppo in questione. Questo è stato fatto per correggere le stime successive riguardo allo sforzo necessario per la standardizzazione. Per la stima degli sforzi si è dato un voto alla difficoltà di riprogettazione del gruppo per creare uno standard e alla quantità di documentazione da creare per completare questo lavoro. Secondo questi voti e al coefficiente di complessità sono state stimate le ore necessarie per standardizzare un dato gruppo per la riprogettazione, la documentazione e l'industrializzazione.

Per il calcolo delle ore necessarie alla riprogettazione sono state utilizzate delle ore teoriche per la progettazione meccanica del gruppo e per l'integrazione del gruppo con il resto dell'impianto, divise secondo il ranking ottenuto di riprogettazione. Poi, queste ore teoriche sono state moltiplicate per il coefficiente di complessità del gruppo per arrivare alla stima finale. Per la documentazione si è tenuto conto di 80 ore aggiuntive per tutti i gruppi e per la loro industrializzazione si è moltiplicato 240 per il coefficiente correttivo.

Il calcolo dei benefici è stato fatto stimando le ore risparmiabili, avendo un prodotto standard, nelle fasi di emissione nell'ufficio tecnico e di montaggio. Per quanto riguarda i costi di materiale e di lavorazioni, si è ipotizzato che si potessero ridurre del 10% in uno scenario e del 15% in un altro.

GRUPPO	COEFF	RANKING		SFORZO			BENEFICIO			
		RIPROGETT.	DOCUMENT.	RIPROGETT.	DOCUMENT	INDUSTR.	EMISS.	MONT.	COSTO HP.1	COSTO HP.2
SBF	1	1	3	320	160	240	2	14	10%	15%
TRF	1	3	2	800	160	100	2	12	15%	15%
HMC	1	4	2	1000	80	100	40	40	20%	20%
ALM	1	2	4	240	40	120	20	8	10%	15%
ALM-STREAM	0,5	1	2	160	80	120	2	8	10%	15%
DITA LATERALI	0,3	3	2	240	80	40	2	3	10%	15%
BUFFER - LIVELLI	1	2	4	400	80	240	10	8	10%	15%
PSA	1	4	3	1000	80	120	40	16	10%	15%
DR	0,5	3	2	400	80	60	10	12	10%	15%
MAF	1	2	1	400	80	240	40	14	10%	15%
CIRCUITI SUPERIORI	1	2	3	400	80	240	60	6	10%	15%
ALM - STOPPING	0,6	3	4	480	80	80	60	8	10%	15%
TRF NKZ "LENTO"	0,5	2	2	200	80	120	2	4	10%	15%
NASTRERIA	0,5	2	2	200	80	120	10	3	10%	15%
				6240	1240	1940	300	156	11%	15%
				9420						

Figura 20: Tabella sforzo/beneficio 1

SFORZO RIPROGETTAZIONE				
RANKING	PROG. MECCANICA	PROG. INTEGRAZ	TOTALE TEORICO	TOTALE CORRETTO
1	160	160	320	= 320*COEFF.COMPL.
2	200	200	400	= 400*COEFF.COMPL.
3	600	200	800	= 800*COEFF.COMPL.
4	800	200	1000	= 1000*COEFF.COMPL.

Figura 21: Tabella per il calcolo dello sforzo di riprogettazione

Lo sforzo totale è stato ottenuto sommando le ore necessarie per la standardizzazione e moltiplicandole per un costo orario di 54 €. Il risparmio totale nell'ufficio tecnico e in montaggio sono stati ottenuti moltiplicando le ore risparmiabili, riportate nella tabella precedente, per la ricorrenza del gruppo e per un costo orario di 54 € per l'emissione e di 37€ per la fase di montaggio. I benefici in termini di materiali e di operazioni sono stati ottenuti moltiplicando il costo del gruppo per la ricorrenza per il 10% o 15% secondo lo scenario utilizzato. Sommando questi due dati, si ottiene il beneficio annuo derivante dalla standardizzazione del gruppo.

GRUPPO	SFORZO TOT	BENEFICIO MONT.	BENEFICIO EMISSIONE	BENEFICIO COSTO HP.1	BENEFICIO COSTO HP.2	BENEFICIO TOT ANNUO HP.1	BENEFICIO TOT ANNUO HP.2	BENEFICIO TOT 3 ANNI HP.1	BENEFICIO TOT 3 ANNI HP.2	SFORZO su BENEFICIO
SBF	€ 38.880	119	17 €	32.765 €	49.147 €	38.086 €	54.468 €	114.258 €	163.405 €	24%
TRF	€ 57.240	96	16 €	24.840 €	24.840 €	29.256 €	29.256 €	87.768 €	87.768 €	65%
HMC	€ 63.720	60	60 €	8.490 €	8.490 €	13.950 €	13.950 €	41.850 €	41.850 €	152%
ALM	€ 21.600	124	310 €	16.585 €	24.878 €	37.913 €	46.206 €	113.739 €	138.617 €	16%
ALM-STREAM	€ 19.440	140	35 €	26.877 €	40.315 €	33.947 €	47.385 €	101.840 €	142.154 €	14%
DITA LATERALI	€ 19.440	59	39 €	18.777 €	28.165 €	23.047 €	32.435 €	69.141 €	97.306 €	20%
BUFFER - LIVELLI	€ 38.880	16	20 €	13.970 €	20.955 €	15.642 €	22.627 €	46.926 €	67.881 €	57%
PSA	€ 64.800	48	120 €	12.424 €	18.635 €	20.680 €	26.891 €	62.039 €	80.674 €	80%
DR	€ 29.160	96	80 €	10.800 €	16.200 €	18.672 €	24.072 €	56.016 €	72.216 €	40%
MAF	€ 38.880	35	100 €	10.377 €	15.566 €	17.072 €	22.261 €	51.217 €	66.783 €	58%
CIRCUITI SUPERIORI	€ 38.880	66	660 €	8.490 €	12.735 €	46.572 €	50.817 €	139.715 €	152.450 €	26%
ALM - STOPPING	€ 34.560	36	270 €	7.521 €	11.281 €	23.433 €	27.193 €	70.299 €	81.580 €	42%
TRF NKZ "LENTO"	€ 21.600	34	17 €	6.277 €	9.416 €	8.453 €	11.592 €	25.360 €	34.776 €	62%
NASTRERIA	€ 21.600	21	70 €	6.206 €	9.308 €	10.763 €	13.865 €	32.288 €	41.596 €	52%
	€ 508.680	950	1814 €	204.397 €	289.931 €	337.485 €	423.018 €	1.012.454 €	1.269.055 €	40%
				61%	69%					

Figura 22: Tabella sforzo/beneficio 2

Moltiplicando il beneficio annuo per tre, volendo valutare i vantaggi nell'arco di tre anni, si ottiene la stima dei risparmi derivanti dalla standardizzazione per il gruppo. Calcolando una media di questo dato calcolato per il primo scenario e per il secondo e dividendo questo per lo sforzo economico, si ottiene un'indicazione percentuale dello sforzo/beneficio in termini economici.

Sono stati scelti, per la standardizzazione, solo i gruppi con sforzi/benefici minore del 50% per avere un margine di sicurezza sui vantaggi derivanti dal progetto. Il primo gruppo a essere standardizzato, con la presenza dei consulenti, è stato il caricatore SBF, mentre gli altri saranno standardizzati nei mesi successivi da parte dei progettisti.

GRUPPO	SFORZO TOT	BENEFICIO MONT.	BENEFICIO EMISSIONE	BENEFICIO COSTO HP.1	BENEFICIO COSTO HP.2	BENEFICIO TOT ANNUO HP.1	BENEFICIO TOT ANNUO HP.2	BENEFICIO TOT 3 ANNI HP.1	BENEFICIO TOT 3 ANNI HP.2	SFORZO su BENEFICIO
SBF	€ 38.880	119	17 €	32.765	€ 49.147	€ 38.086	€ 54.468	€ 114.258	€ 163.405	24%
ALM	€ 21.600	124	310 €	16.585	€ 24.878	€ 37.913	€ 46.206	€ 113.739	€ 138.617	16%
ALM-STREAM	€ 19.440	140	35 €	26.877	€ 40.315	€ 33.947	€ 47.385	€ 101.840	€ 142.154	14%
DITA LATERALI	€ 19.440	59	39 €	18.777	€ 28.165	€ 23.047	€ 32.435	€ 69.141	€ 97.306	20%
DR	€ 29.160	96	80 €	10.800	€ 16.200	€ 18.672	€ 24.072	€ 56.016	€ 72.216	40%
CIRCUITI SUPERIORI	€ 38.880	66	660 €	8.490	€ 12.735	€ 46.572	€ 50.817	€ 139.715	€ 152.450	26%
ALM - STOPPING	€ 34.560	36	270 €	7.521	€ 11.281	€ 23.433	€ 27.193	€ 70.299	€ 81.580	42%
	€ 201.960	640	1411 €	121.814	€ 182.720	€ 221.669	€ 282.576	€ 665.007	€ 847.728	24%

Figura 23: I gruppi scelti per la standardizzazione

La standardizzazione del caricatore SBF è stata un successo, con uno sforzo totale quasi identico alla quantità preventivata. Nonostante questo, nessun altro gruppo è stato standardizzato e il progetto è stato abbandonato del tutto.

Questo progetto di fondamentale importanza è stato caso forse abbandonato troppo velocemente, riducendo così i benefici derivati sia da una conseguente riduzione delle scorte obsolete in magazzino, che da molte altre iniziative di miglioramento nelle aree di produzione. Per esempio, tentare di misurare e comprendere il processo di montaggio è molto difficile se ogni impianto è completamente diverso dagli altri e se non esiste una porzione, seppure piccola, standardizzata. Il progetto di standardizzazione sembra poter portare dei benefici e sarebbe consigliabile riavviarlo, almeno per i gruppi trovati dai consulenti, con margini molto generosi di sicurezza essendo già stato dimostrato, con il caricatore SBF, che è possibile completarlo con costi/tempi ragionevoli.

Montaggio e collaudo

Prima dell'intervento dei consulenti, le fasi di montaggio e collaudo erano svolte in una qualsiasi zona dell'area produttiva, senza alcun tipo di logica né attenzione a minimizzare lo spazio occupato. Inoltre, i carrelli per il trasporto degli articoli erano caricati in maniera disordinata, lasciati dove capitava, non esisteva alcuna metodologia di controllo dell'avanzamento della produzione e i cicli di montaggio erano tracciati a grandi linee. Come abbiamo già visto nella fase di progettazione, non era fatto alcun tipo di controllo sui tempi di montaggio né un confronto con i dati a consuntivo.

Prima di iniziare alcun tipo di analisi, i consulenti hanno suddiviso l'area produttiva in tre zone secondo la funzione cui sono state dedicate:

- **Tubo Zero5:** dedicate alle varie fasi del montaggio della macchina Zero5.
- **Isole di montaggio:** dedicate al montaggio di una serie di elementi aggiuntivi come alimentazioni e caricatori e di tutte le macchine che non siano Zero5.
- **Collaudo:** area dedicata al collaudo meccanico, elettrico e del software degli impianti.

Queste aree sono state poi suddivise in celle per massimizzare l'utilizzo dello spazio e sono state create delle vie per il trasporto dei carrelli di materiale. Questo è stato fatto per dividere i compiti di gestione del materiale dalle fasi di lavorazioni e ordinare il più possibile le celle di lavorazione. Lo spazio sui carrelli è stato suddiviso per tipologia di articoli, così dovranno essere caricati sempre allo stesso modo e sarà più agevole per i collaboratori trovare i pezzi di cui hanno bisogno. Già questi cambiamenti sono stati un grande elemento di standardizzazione dei modi di lavoro e di riduzione delle perdite di tempo.

Per ogni lavoro di montaggio o di collaudo sono progettati dei cicli dettagliati e per ogni fase del ciclo è stimato un tempo di elaborazione. I dati a consuntivo sono raccolti dai collaboratori stessi mentre eseguono le attività del ciclo e questi dati sono elaborati per trovare degli indicatori sintetici delle prestazioni per le diverse zone. Grande attenzione è stata posta a raccogliere tutti i tempi che si riferiscono alle attività non a valore aggiunto che accadono durante le fasi di lavoro.

Le attività non a valore sono tutto ciò che il cliente non vorrebbe a pagare e che le metodologie Lean tentano di ridurre. Per fare un esempio, il cliente è disposto a pagare il tempo che un collaboratore dedica ad avvitare una vite, ma non per il tempo che è sprecato cercando quella vite o che si è perso per capire come va eseguito il lavoro. Per tagliare i tempi/costi non bisogna velocizzare l'attività di avvitamento ma eliminare tutto ciò che non aggiunge valore per il cliente al prodotto finale. Per facilitare la raccolta dati, le attività non a valore sono state raggruppate nel seguente modo:

- **Materiale o documentazione mancante:** il collaboratore deve prelevare da solo i pezzi mancanti dal magazzino o stampare i disegni o le istruzioni concernenti il ciclo di attività.

- **Fase non prevista dal ciclo:** tempo dedicato a una fase non inizialmente prevista dal processo, può essere dovuto a un errore nella fase di stesura del ciclo o a completare un'attività che doveva essere completata nelle fasi precedenti.
- **Rilavorazione meccanica dovuta a non conformità:** operazioni di officina meccanica per correggere errori di progettazione o mancata coerenza tra gli articoli di un gruppo.
- **Smontaggio dovuto a non conformità:** attività di smontaggio di un gruppo per cambiare, rilavorare o togliere un articolo non conforme.
- **Informazioni o attesa chiarimenti:** tempo per cercare informazioni che si riferiscono a come svolgere le fasi, cosa fare di fronte agli imprevisti e come correggere non conformità.
- **Formazione/assemblee:** tempo dedicato a formare nuovi collaboratori, lavoratori esterni o per indire assemblee.
- **Attrezzatura non idonea/carente/guasta:** tempo per cercare o sostituire l'attrezzatura necessaria al lavoro.

Per ogni attività non a valore, deve essere compilato un modulo specificando a quale categoria delle precedenti appartiene, una descrizione del problema, il tempo perso, dove e quando è accaduto. Tutti i dati poi sono raccolti dal responsabile Lean e, durante una riunione mensile con i responsabili di varie funzioni attinenti alle operations, si propongono delle soluzioni e si controllano se hanno avuto effetto i miglioramenti precedenti. Questa riunione è stata gradualmente messa da parte e non è più stata fatta già da diversi mesi. Come abbiamo visto nel caso dell'ufficio tecnico, la riunione era ritenuta erroneamente superflua e meno importante di altre mansioni.


MODULO RACCOLTA PERDITE LINEA ZER 			
N° commessa <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Matr. <input type="checkbox"/>	Data
PREMONTAGGI	MONTAGGIO MACCHINA	GRUPPI SPECIALI	
Causali perdita	Postazione	Fase	Tempo perso (min)
Materiale/documentazione mancante			
Fase non prevista dal ciclo			
Rilavorazione meccanica dovuta a non conformità			
Smontaggio dovuto a non conformità			
Informazioni /attesa chiarimenti (documentazione tecnica e/o produttiva carente)			
Formazione/ assemblea			
Attrezzatura non idonea/carente/guasta			
Firma Operatore			

Figura 24: Modulo di raccolta attività non a valore

Sebbene possa risolvere solo qualche problema minore alla volta, la riunione al contrario era un momento molto importante. Tutto il lavoro precedente in quest'area produttiva era atto a standardizzare il più possibile i processi e poter scoprire e risolvere i problemi, anche di minor entità. Una colonna della filosofia industriale Lean è il processo, detto *kaizen*¹², di perseguire la perfezione attraverso continui, piccoli miglioramenti del sistema produttivo. I piccoli problemi che si riscontrano sul campo possono essere degli indizi molto importanti di grandi criticità che altrimenti potrebbero essere difficilmente misurati. Vedremo più avanti che la maggior parte delle attività non a valore deriva da errori e da cattiva gestione della commessa in fase di progettazione. In questo modo si ha una misura di problematiche ritenute solo di natura teorica dalla direzione e difficilmente visibili.

¹² Vocabolo giapponese adottato nella terminologia Lean e composto da due parole giapponesi: KAI (cambiamento) e ZEN (meglio).

Il tubo Zero5

Il “tubo”, com'è chiamato l'area dedicata al montaggio del gruppo macchina della serie Zero5, che è la macchina più standard tra quelle prodotte nello stabilimento italiano. Il tubo è suddiviso in quattro zone, uno dedicato al montaggio di eventuali gruppi opzionali, uno all'attività di premontaggio e due a quella del montaggio. Le fasi di montaggio in due aree diverse per montare due diverse macchine contemporaneamente.

Grazie al prodotto standardizzato si è potuto mettere ogni aspetto sotto stretto controllo. Sono stati scelti, dopo un'attenta analisi, l'attrezzatura e gli articoli necessari alle fasi del montaggio delle Zero5. Il ciclo è stato progettato una sola volta ed è utilizzato sempre lo stesso, possono essere modificati leggermente i tempi delle fasi se il gruppo macchina è diverso dallo standard. Nonostante questo, i giorni di lavorazione sono tre per la fase di premontaggio e quattro per il montaggio, di cui due per ognuna delle due postazioni. In caso di bisogno urgente, si possono raddoppiare gli uomini che lavorano a ogni fase del tubo portando il tempo di attraversamento a 2 giorni sia per il premontaggio sia per il montaggio, uno per ogni postazione. Il primo caso è detto a “velocità uno” e l'altro è chiamato a “velocità due”.

Il controllo dell'avanzamento e della segnalazione delle attività non a valore è fatto dai collaboratori attraverso il diagramma Gantt e i moduli dedicati agli sprechi. Il diagramma Gantt riporta tutte le fasi del ciclo in una colonna e per ognuna sono segnate le ore nelle colonne successive, divise in otto ore più una di straordinario per ogni giorno. Il diagramma riportato è fatto per la velocità due e le ore del secondo operatore sono segnate da una B. I collaboratori segnano il tempo dedicato alle attività di valore con un pennarello verde per ogni fase del ciclo, giallo quando l'attività è sospesa o non avviata e rossa nel caso di attività non a valore. È uno strumento facile da usare e molto efficace, anche per chi non è direttamente coinvolto nelle attività di montaggio, per capire a che punto sono i lavori, se ci sono stati dei problemi, dove e perché si siano verificati.

OPERATORE	Macrofase (gruppo principale)	N° fase	Fase (sotto gruppo)	Contenuto di lavoro (WC in h e min)	Contenuto di lavoro (WC in min)	DATA	INIZIO ORE (H.MIN)	FINE ORE (H.MIN)	ORE LAVORATE (H.MIN)	ORE PERDITA (H.MIN)	ORE NON GIUSTIFICATE
Kumar	GRUPPO CRIMPER	10	Montaggio telaio estraibile	0.45	45				dati errati	0	#VALORE!
Kumar	GRUPPO CRIMPER	20	Montaggio cuscinetti su alberi e flange	2.00	120				dati errati		#VALORE!
Kumar	GRUPPO CRIMPER	30	montaggio completamento e verifica funzionale	3.00	180				dati errati		#VALORE!
Kumar	Gruppo rotanti 1 (freddo)	40	Montaggio canotto, corpo centrale (flangia fissa + mobile)	1.45	105	04/05/2010	8.50	11.15	2.25.00		0.40.00
Kumar	Gruppo rotanti 1 (freddo)	50	Registrazione e collaudo	0.45	45				dati errati		#VALORE!
Kumar	GRUPPO ROTANTI 2 (CALDO)	60	Montaggio corpo centrale (flangia fissa + mobile)	1.20	80	04/05/2010	11.15	14.00	2.00.00		0.40.00
Kumar	GRUPPO ROTANTI 2 (CALDO)	70	Montaggio sottogruppo spazzole	1.15	75	04/05/2010	14.00	14.30	0.30.00		0.15.00
Kumar	GRUPPO ROTANTI 2 (CALDO)	70	Montaggio sottogruppo spazzole		75	04/05/2010	16.15	17.15	1.00.00		0.15.00
Kumar	GRUPPO ROTANTI 2 (CALDO)	80	Cablaggio elettrico	1.30	90	05/05/2010	7.30	9.00	1.30.00		0.00

Figura 26: Foglio di calcolo per l'inserimento dati

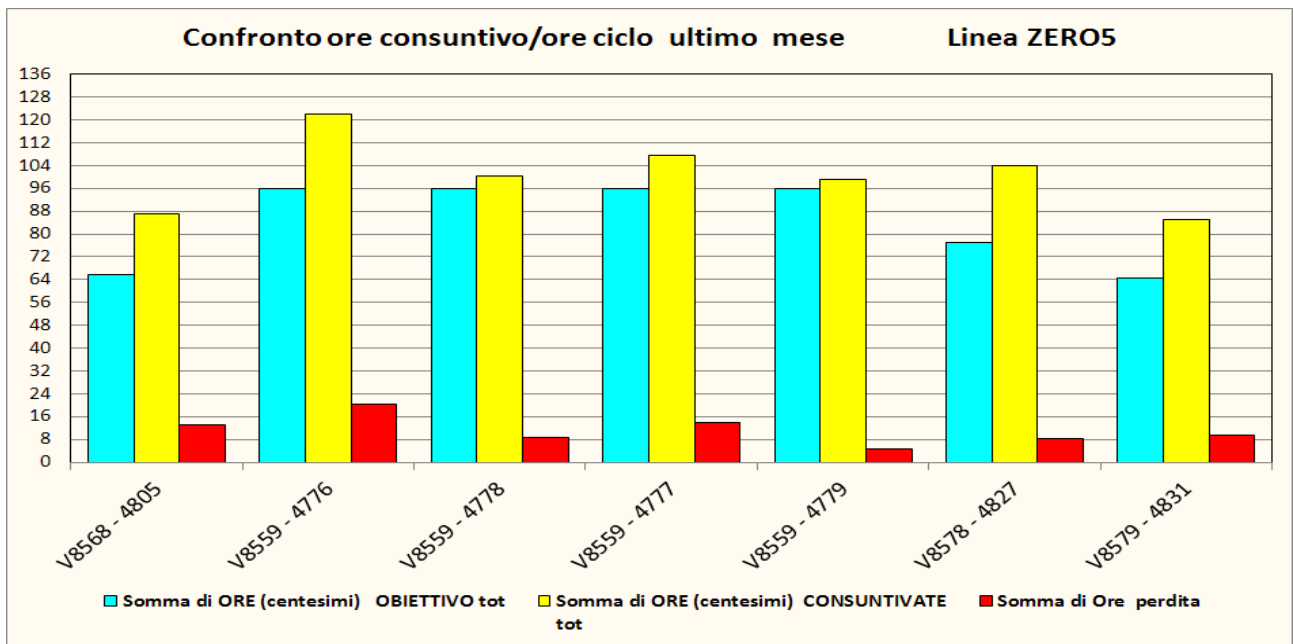


Figura 27: Confronto ore consuntivo/ore ciclo

Il grafico riportato confronta le ore di lavoro a consuntivo con le ore preventivate e la somma totale delle ore di attività non a valore. Le ore consuntivate sono considerate a valore e non tengono conto del tempo sospeso e delle attività non a valore. Vi sono degli scostamenti notevoli perché spesso si lavora a ritmi rallentati per la mancanza dei disegni, per l'assenza di pezzi o per non conformità. Le cause dei rallentamenti non sono raccolte

né misurate, quindi è difficile capire se siano le previsioni a essere sbagliate o se sono intervenuti altri problemi.

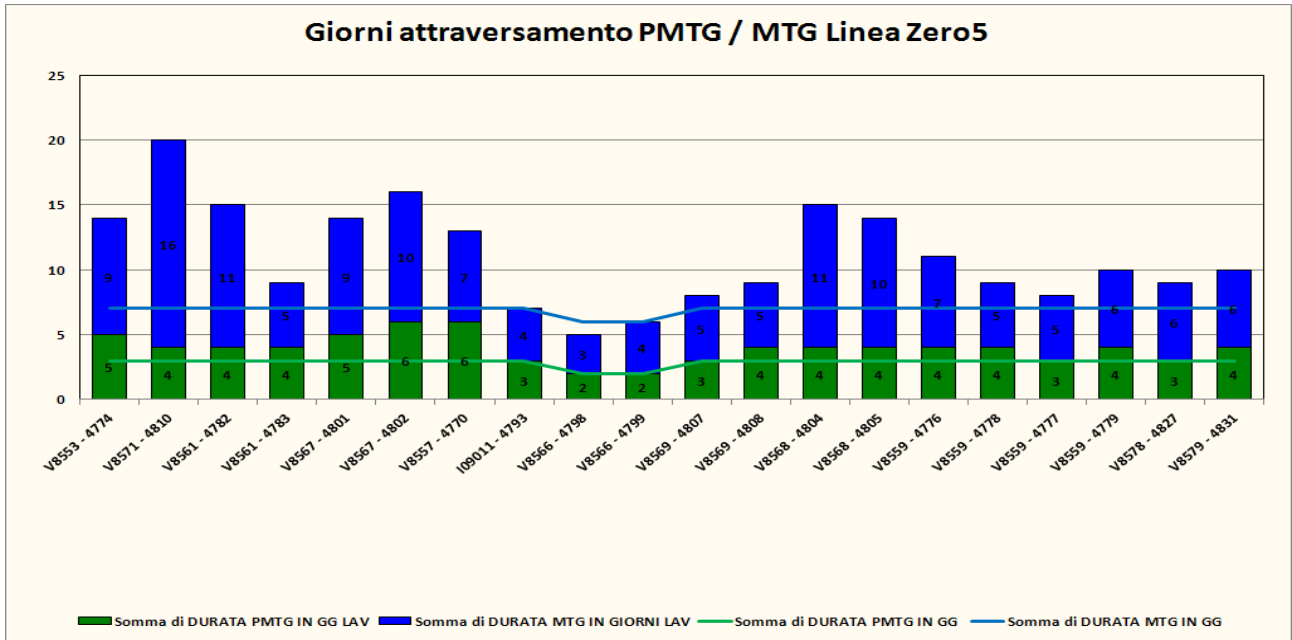


Figura 28: Tempo di attraversamento consuntivo/obiettivo

Il grafico riporta invece i giorni di attraversamento consuntivi e previsti per le fasi di premontaggio e montaggio del tubo Zero5. In questi dati, si tengono conto di tutti i disturbi, fermate e rallentamenti che intervengono sul processo e mostrano, che nonostante i miglioramenti, il tubo presenta una grossa variabilità e tempi di attraversamento molto lunghi.

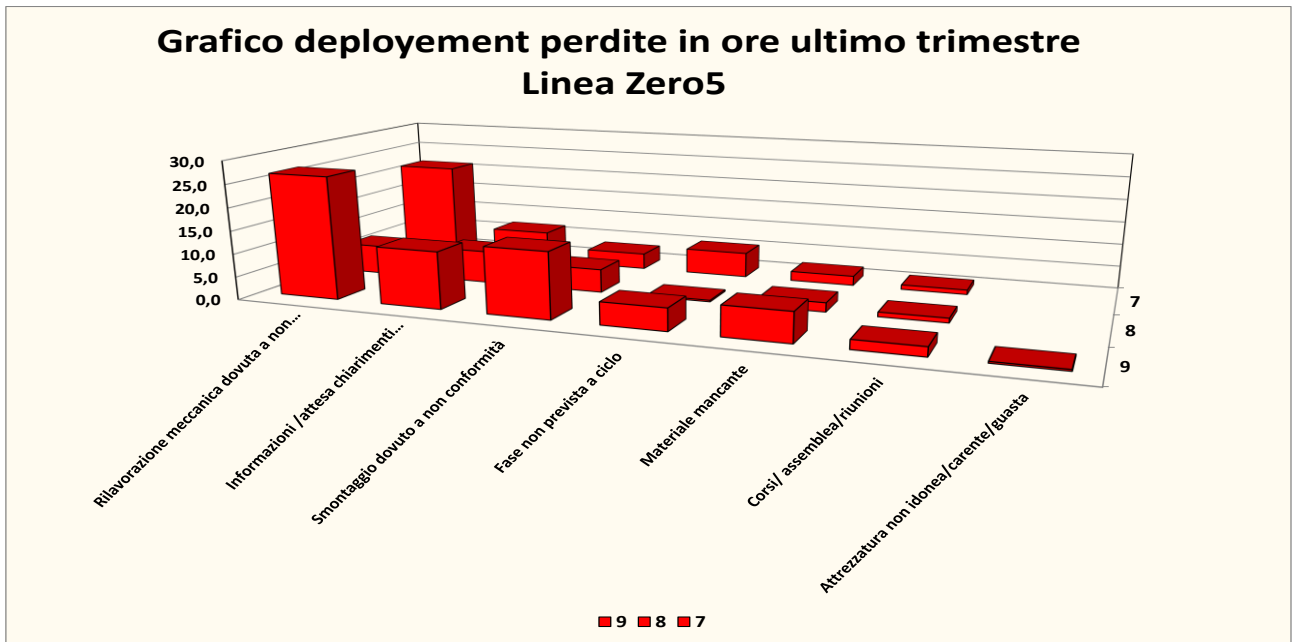


Figura 29: Perdite divise per tipologia

Questo grafico mostra la somma delle ore delle perdite divise per tipologia e per mese dei gruppi montati negli ultimi tre mesi. A parte la variabilità mensile, la maggior parte delle ore perse sono riconducibili ad articoli non conformi. Sebbene i dati siano stati raccolti correttamente, questo può indurre a sottostimare il problema riguardante il materiale mancante perché in questo caso si misurano solo le ore perse per articoli non presenti nel tubo ma presenti a magazzino. I casi di rottura di stock incidono sul tempo di attraversamento e con questi dati non è possibile sapere quanto incidono. Inoltre, non s'incomincia il montaggio di un gruppo se non c'è una buona scorta dei pezzi necessari, quindi il problema dei mancanti incide fortemente sulla pianificazione e causa spesso dei ritardi nell'emissione degli ordini di montaggio. Nella parte dedicata alla gestione dei materiali si tenterà di creare degli indicatori per misurare questa problematica.

Le isole di montaggio

L'area dedicata al montaggio di tutti gli altri gruppi e macchine è stata suddivisa in celle dedicate a varie tipologie di gruppi. Per esempio, c'è una cella dedicata alle alimentazioni, una ai caricatori e una ai gruppi di ricambio. Come per le Zero5, le attività di gestione del materiale sono state divise dalle attività di montaggio ed esistono i diagrammi Gantt per l'avanzamento della produzione e i moduli di raccolta delle perdite.

Le differenze con il caso precedente nascono dalla mancanza quasi totale di standardizzazione in questo caso. Per questo motivo, non si è potuto creare un inventario di articoli e attrezzature necessarie e ottimizzare la loro disposizione sui carrelli e all'interno della cella. Ogni volta che un nuovo gruppo entra nella fase di montaggio il caporeparto delle isole e il responsabile Lean stimano i cicli di montaggio dai disegni. I cicli, divisi per commessa, sono salvati dentro una cartella del pc e possono essere utilizzati come punto di partenza per la stima di gruppi simili. Il problema è che con numerose commesse durante l'anno, ognuna composta di diversi gruppi, può essere difficile ricordarsi dove si trovino i gruppi simili a quelli nuovi. Da questo spunto è nato il primo progetto portato avanti dal candidato all'interno dell'azienda: la matrice dei gruppi.

La matrice dei gruppi

L'idea è stata di creare una semplice matrice su un foglio di calcolo in modo da poter cercare con dei filtri automatici i gruppi simili e, attraverso un collegamento ipertestuale¹⁴, di poter aprire i cicli di montaggio di questi. Le tipologie dei gruppi, come alimentazioni e caricatori, sono state riportate sulle colonne, mentre le commesse sono state messe per riga. Per ogni commessa è stato riportato il nome esatto per ogni tipologia di gruppo, in modo da poter identificare velocemente uno simile a quello per cui si sta stimando il ciclo. Il problema è che non esiste una codifica unica all'interno dell'azienda per indicare i gruppi o una qualche descrizione breve che riesca a individuare un gruppo specifico. Esiste un codice legato all'articolo personalizzato per la pianificazione PRP, come si è visto nel primo capitolo, ma è solo per quell'articolo specifico e non dà alcun tipo d'informazione aggiuntiva sulle caratteristiche del gruppo. Inoltre, ogni funzione aziendale e quasi ogni persona attribuiscono nomi diversi a una stessa tipologia di gruppo. Così un trasferitore veloce, un gruppo che spinge i prodotti da una linea a un'altra perpendicolare alla prima, può essere chiamato accompagnatore/inseritore, caricatore o alimentazione.

Questo porta spesso a incomprensioni, errori e, in generale, a una comunicazione non efficiente. Le ricerche di dati o statistiche su gruppi simili sono impossibili se non affidate alla memoria di un dipendente dell'azienda e anche in questo caso, sono difficili da portare avanti. Questo problema frena l'attività di standardizzazione dei gruppi perché è difficile ricavare quanti siano i gruppi simili e se possano essere standardizzati o no.

¹⁴ Un collegamento ad un documento all'interno di un altro che può essere aperto con un click del mouse.

Per risolvere questo problema, si è usata la suddivisione tra i gruppi e i nomi dei gruppi creata dalla contabilità per le stime di budget riferite alle commesse. Questa suddivisione è un foglio Excel spesso usato da chi stima i cicli di montaggio. Sebbene non si sia fatto alcun ragionamento, anche in questo caso, su come chiamare i vari gruppi specifici, è un buon punto di partenza e uno strumento utile per la stima dei cicli.

Il lavoro è consistito nel sostituire il codice identificativo della commessa usato dalla contabilità con quello della produzione e andare a collegare tutti i nomi dei gruppi con i fogli di calcolo dei cicli stimati prima. I nomi dei macrogruppi sono stati poi messi in ordine alfabetico per facilitare la consultazione della matrice.

Commessa	Tipo MC	ABR	ALM	CRMP	CRT TND TFR	CSP DDV PLP	G35 G41 ABB
I09010	05	ABR X SBF	ALM tnd/nkz		TND		
V8542	04		ALM farc	SRA			
V8548	3x05		ALM CKDW		CKDW	manina trasf	G35-F
V8549	05+04		ALM 90° x tpc		CKDW	csp x PSA	G35-F
V8550	3x05	ABR X SBF	ALM bascul.				
V8551	3x05	ABR	ALM tpc/nkz				
V8553	4x05		ALM MTP	Box motion		CSP	
V8553	3x05		ALM tnd		TFR bonomi		
V8554	2x05		ALM brl				
V8556	05		ALM 2tapp				

Figura 30: Parte della matrice dei gruppi

Come nel caso del tubo, anche nelle celle di montaggio il responsabile raccoglie tutti i dati concernenti i tempi e le perdite per poterli elaborare e presentarli alla riunione mensile degli indicatori.

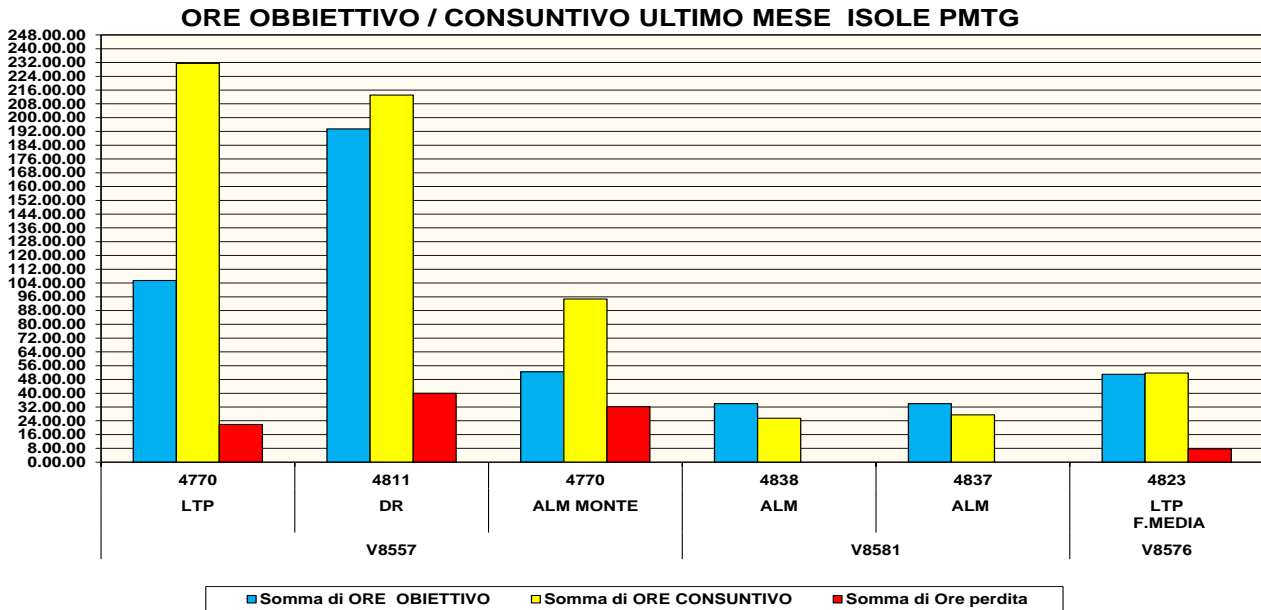


Figura 31: Ore obiettivo/consuntivo per le celle

Questi dati confrontano le ore preventivate con quelle reali, con un'indicazione delle perdite rilevate e sono divisi per commessa di appartenenza e tipologia del gruppo. Ci sono degli scostamenti e delle perdite rilevanti nella maggior parte dei casi e questo, nonostante le difficoltà e possibili errori di stima, è sintomatico di un processo con una grande variabilità e tante criticità rispetto al caso delle Zero5.

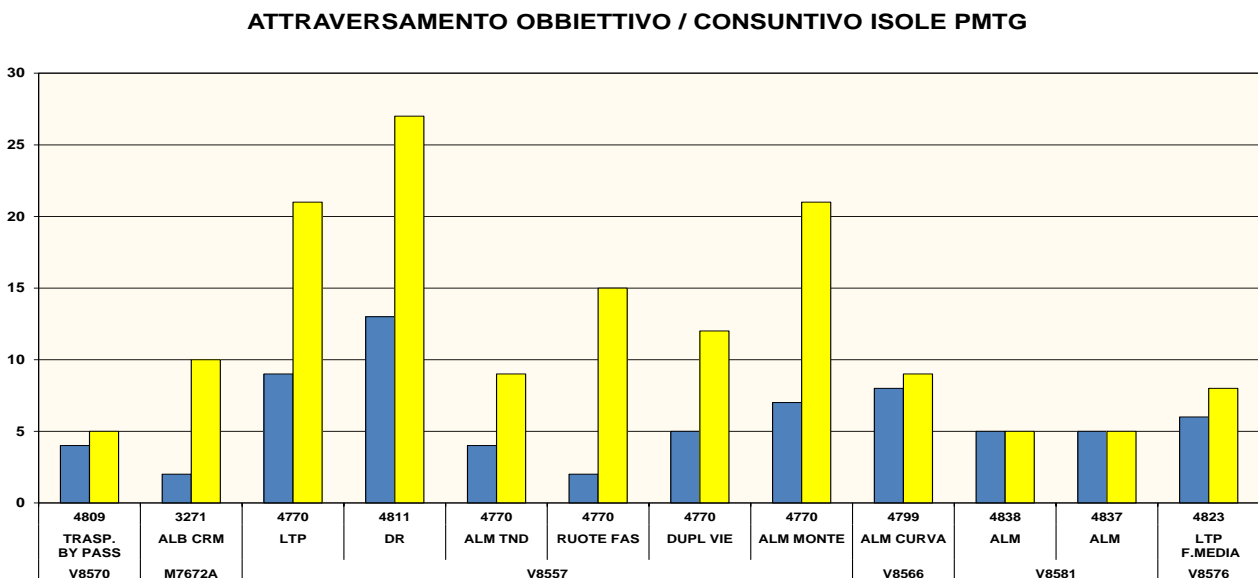


Figura 32: Tempi di attraversamento obiettivi/consuntivi per le isole

Il grafico riporta i tempi di attraversamento obiettivo/consuntivo per le celle di montaggio per i gruppi divisi per commessa e per macrotipologia. Come nel grafico precedente, ci sono dei grandi scostamenti nella maggioranza delle casistiche e una situazione molto più problematica rispetto al caso del tubo.

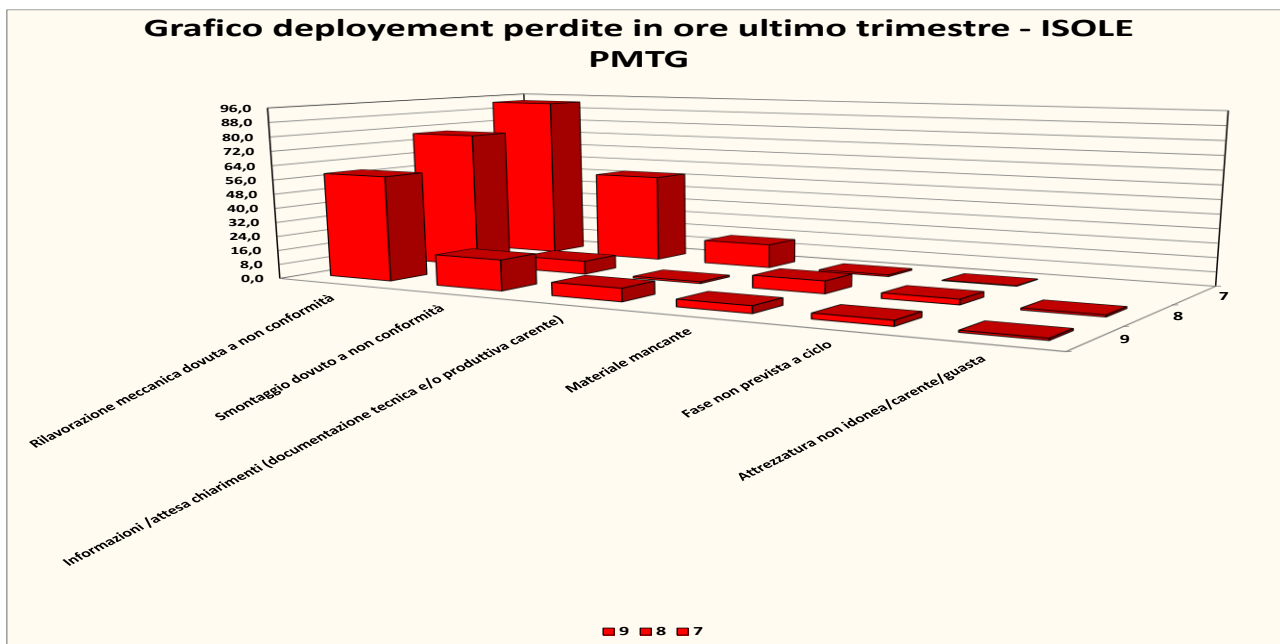


Figura 33: Perdite per le isole di montaggio

Il grafico mostra le attività non a valore divise per tipologia e per mese. Come nel caso del montaggio delle Zero5, la maggior parte delle ore perse sono dovute a pezzi non conformi e la misura delle ore perse per i mancanti può trarre in inganno. In questo caso però sarebbe opportuno vedere le attività non a valore divise anche per tipologia di gruppo e cella di appartenenza per focalizzare l'attenzione sulle aree più problematiche. I grafici mostrano come la differenza con le ore previste cambi fortemente da un gruppo a un altro senza evidenziare cosa causa questa differenza. I dati non devono essere solo raccolti e presentati in grafici, ma devono essere usati per scovare, comprendere e risolvere tutti i problemi che si presentano. Se raccolti bene possono rilevare delle problematiche difficilmente individuabili in altro modo ed essere delle prove incontestabili dell'esistenza e delle cause di questi problemi.

Collaudo

Il collaudo è formato da una serie di operazioni messe in atto per verificare il corretto funzionamento di un prodotto prima di spedirlo al cliente e per misurare la risposta dell'impianto in condizioni simili alle quali sarà sottoposto durante il funzionamento. Data la complessità degli impianti di confezionamento, per la Cavanna questa è una fase molto importante ed è articolata nel seguente modo:

- **Collaudo meccanico:** si controllano le funzionalità meccaniche dell'impianto, senza e con i prodotti da confezionare e si provano tutti i formati e velocità previste.
- **Collaudo elettrico:** si verifica che il sistema di alimentazione elettrica funzioni correttamente sempre in tutti i casi possibili.
- **Collaudo software:** controllo di tutte le funzionalità del software creato per interfacciare i collaboratori e l'impianto attraverso un display sulla macchina confezionatrice.
- **Smontaggio e preparazione per la spedizione:** terminate le operazioni di collaudo, l'impianto è smontato e preparato per la spedizione al cliente.

La diversità di questa fase rispetto alle aree descritte prima porta ad alcuni accorgimenti nella gestione. Esistono, come negli altri casi, un ciclo di attività e tempi stimati ma in questo caso sono divisi tra attività meccaniche ed elettriche/software. Questa soluzione rende più difficile capire l'avanzamento dei lavori ma è stata fatta per assegnare le attività sotto la responsabilità di due capireparto diversi. Il tempo, poi, non è più suddiviso per ore ma per giorni interni perché le attività di collaudo possono durare anche settimane. Le informazioni raccolte dai grafici sono integrate da libri di collaudo, dove ogni collaudatore segna le attività del giorno e le ore dedicate a esse e il caporeparto controlla quanto ha scritto. Tutto serve ad avere una visione più precisa del lavoro di collaudo e per controllare i dati raccolti dai diagrammi di Gantt.

	ID fase	Fase	N° op.	Contenuto di lavoro per persona (WC in gg)
ATTIVITA' MECCANICHE	B	Montaggio e completamento linea meccanico/pneumatico	2	5
	C	Assemblaggio protezioni (prima prova)	2	2,5
	D	Collaudo meccanico a vuoto	1	2
	E	Collaudo con prodotto	2	4
	F	Collaudo con prodotto suppl	2	2
	Q	Assemblaggio protezioni (definitivo)	1	3
	R	Pre-FAT	1	1,5
	S	FAT	1	1,5
	U	Smontaggio	2	2
ATTIVITA' ELETTRICHE	G	Impianto elettrico macchina	2	8
	H	Impianto elettrico linea	2	8
	I	Collaudo equipaggiamento elettrico	1	3
	L	Preparazione struttura al collaudo SW	1	2
	M	Verifiche ed impostazioni SW	2	3
	N	Collaudo SW	2	1
	O	Collaudo SW a vuoto	2	7,5
	P	Collaudo elettrico formato	1	1,5
	R	Pre-FAT	1	1,5
	S	FAT	1	1,5
	T	Salvataggio parametri e scablaggio	1	1,5

Figura 34: Ciclo di collaudo

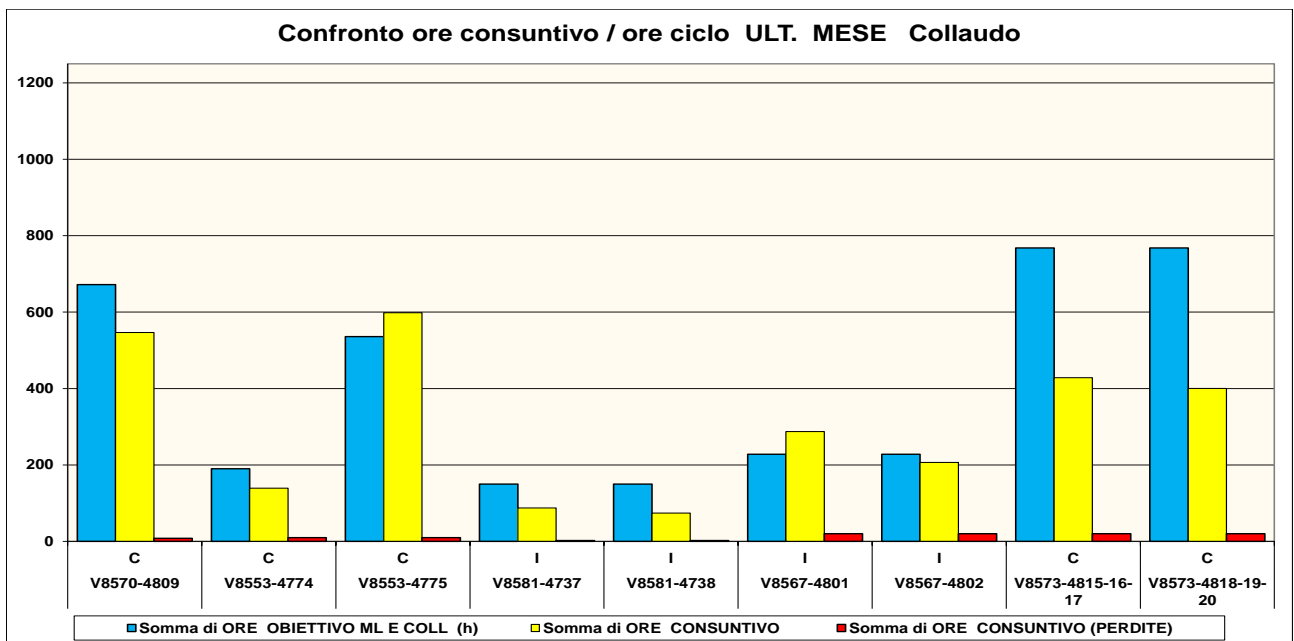


Figura 35: Ore consuntive/obiettivo per collaudo

Il grafico mostra il confronto tra le ore previste e le ore realmente spese per le attività di collaudo e aggiunge la lettera C per indicare se il collaudo è finito o la I se è incompleto. Vedendo i dati riportati, sembrerebbe una fase sotto controllo e senza grandi problematiche. La realtà è che spesso vi sono grandi scostamenti con i dati raccolti sui

libri di collaudo e con le ore timbrate dai collaudatori e non è posta abbastanza attenzione a come sono compilati i diagrammi di Gantt per queste attività.

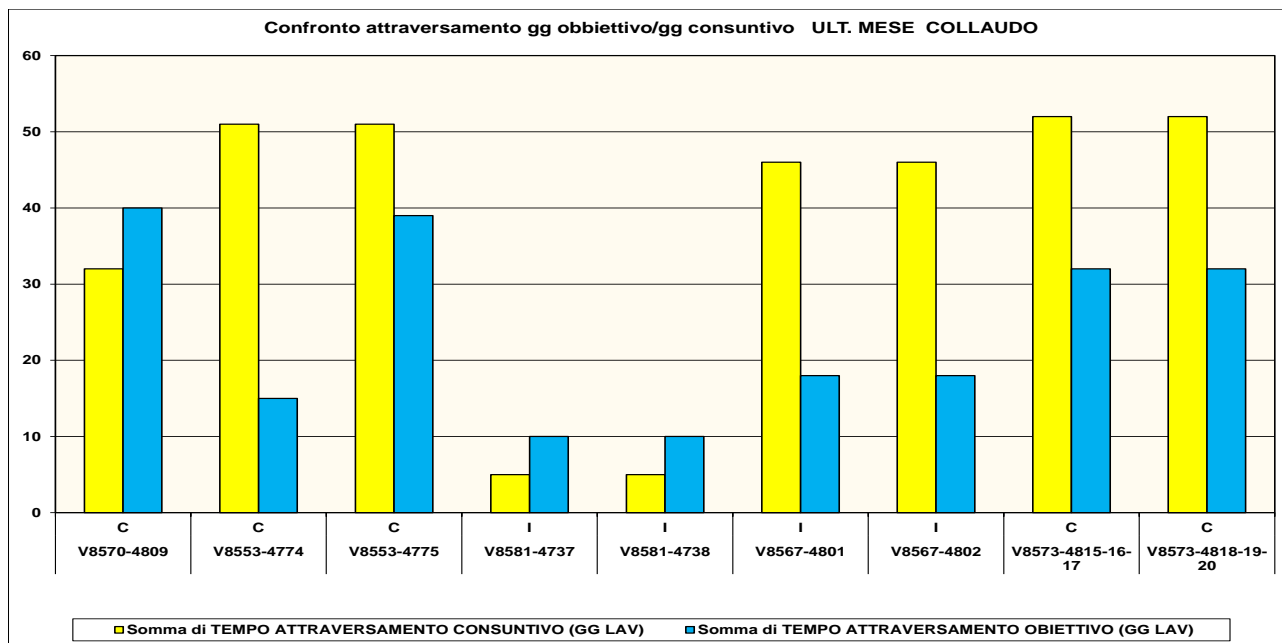


Figura 36: Tempi di attraversamento obiettivi/consuntivi per collaudo

Se la situazione sembrava sotto controllo nel grafico precedente, il grafico riguardante i tempi di attraversamento rivela le molte problematiche che si riferiscono al collaudo. I consuntivi di quasi tutti gli impianti completati e anche molti incompleti sono molto più grandi dei preventivi. Unendo questi dati ai precedenti si evince che, o gli impianti rimangono gran parte del tempo fermi nella fase di collaudo, o i tempi di lavoro non sono stati segnati adeguatamente. I dati di attraversamento nascono dalla differenza da quando l'impianto esce dal collaudo e da quando entra e sono incontestabili. Esistono dei problemi nella fase di collaudo ma guardando i grafici dei dati raccolti, non si riesce a capire bene le cause. Come si è già detto, i dati devono essere raccolti con un certo criterio per trovare e risolvere eventuali problemi e in caso contrario possono essere fuorvianti e nascondere i problemi.

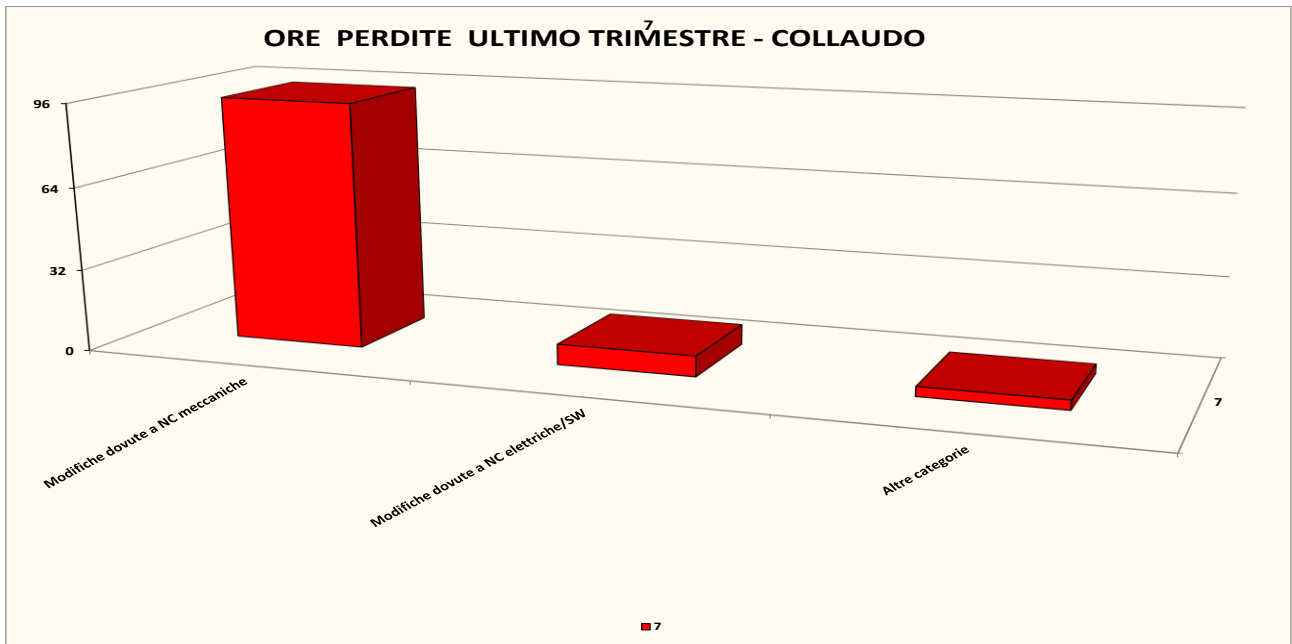


Figura 37: Perdite per la fase di collaudo

L'ultimo grafico rappresenta le ore perse in attività non a valore per la fase di collaudo ed è diviso per tipologia. Rispetto ai casi precedenti, le ore sono state raggruppate in modo diverso e in tre gruppi. Il primo è per non conformità di natura meccanica, il secondo per non conformità elettriche e l'ultimo raggruppa tutte le altre tipologie di perdite. Questo è stato fatto per dividere, come nel caso del ciclo, la parte di collaudo meccanico dalle altre poiché sono di responsabilità di persone diverse.

Gestione del materiale

La gestione dei materiali deve decidere quando, quanto e cosa produrre per rifornire la produzione dei pezzi di cui necessita e poter minimizzare la quantità del materiale a scorta. I due elementi rappresentano un trade - off¹⁵ tra livello di servizio e costo di mantenimento a scorta degli articoli. Il primo misura quanto è probabile che la richiesta di materiale da parte della produzione sia soddisfatta e il secondo misura il costo di mantenere gli articoli a scorta. Questo costo considera sia i costi di scaffali, strutture, personale di magazzino che di opportunità del capitale, cioè quello che sarebbe potuto essere il rendimento del capitale se fosse stato investito in altro. Questo vuol dire che aver eccessive scorte, oltre ad essere un costo, elimina la possibilità di usare quella liquidità per altri impieghi.

Per l'azienda Cavanna, sono entrambi dei problemi, sia l'elevata quantità di scorte a magazzino sia i mancanti.

Per quanto riguarda le giacenze a scorta, hanno raccolto i dati concernenti le giacenze medie mensili dal novembre 2008 al ottobre 2009. Hanno diviso tra prodotti di acquisto, comprati dai fornitori, prodotti di produzione interna e codici non mossi, cioè che non prelevati dal magazzino da più di un anno. Questi prodotti spesso giacciono nel magazzino da diversi anni perché obsoleti e formano quasi la metà degli articoli totali. La mancanza di standardizzazione dei gruppi nella fase di progettazione ha portato a una rapida obsolescenza per molti prodotti e alla creazione di circa sette nuovi articoli al giorno.

Nella tabella vediamo riportato l'indice di rotazione delle scorte che misura il rapporto tra la quantità di scorta mediamente a magazzino e la quantità prelevata di materiale nello stesso periodo. Questo indica quante volte, nell'intervallo considerato, le scorte si rinnovano completamente nel magazzino. Nel caso considerato le scorte di produzione si rinnovano circa sei volte l'anno o ogni due mesi mentre gli articoli di acquisto si rinnovano circa due volte o ogni sei mesi.

$$\text{Indice di Rotazione} = \frac{\text{Giacenza Media}}{\text{Quantità prelevata nel periodo}}$$

¹⁵ È una situazione che implica la scelta tra due alternative, in cui la massimizzazione di una causa la minimizzazione dell'altra. Un esempio di trade - off può essere la scelta tra il tempo lavorativo e il tempo dedicato agli interessi.

		Acquisti	Produzione	Totali
a	Codici consumati [nro]	13.825	9.741	23.566
b	Consumi [€]	€ 6.479.777	€ 3.026.447	€ 9.506.224
b%	Consumi [%]	68%	32%	100%
c	Giac media codici consumati [€]	€ 3.343.084	€ 490.240	€ 3.833.325
d	Giac media codici non mossi [€]	€ 2.004.059	€ 346.095	€ 2.350.154
c+d	Giac media totale	€ 5.347.144	€ 836.335	€ 6.183.479
c+d%	Giac media totale [%]	86%	14%	100%
b/c	Indici di rotazione codici consumati	1,9	6,2	2,5
b/(c+d)	Indici di rotazione totali codici	1,2	3,6	1,5

Figura 38: Dati sulle giacenze medie degli articoli

Il problema riguardante il livello di servizio è più difficile da individuare perché ora non esistono indicatori che si riferiscono a esso. Si è già visto inoltre come le misure di perdite per mancanza di materiale possano trarre in inganno. I consulenti hanno proposto di misurare i ritardi degli ordini di produzione come misura del livello di servizio. Sicuramente potrebbe essere un buon punto di partenza, ma presenta delle problematiche. Una di queste riguarda la data di consegna degli ordini, che solitamente nasce da varie considerazioni qualitative per avere un ampio margine di sicurezza per soddisfare il fabbisogno. Questo significa che la data decisa per l'ordine di produzione non può essere utilizzata come punto di riferimento e i ritardi non comportano necessariamente dei problemi per il montaggio. Sarebbe più utile misurare ogni volta che non si trova un articolo di cui si ha bisogno e tutte le volte che si ritardano le fasi di montaggio per la mancanza di materiale. In ogni caso, i ritardi sono in media di sette giorni e vediamo una grande variabilità intorno alla data di consegna.

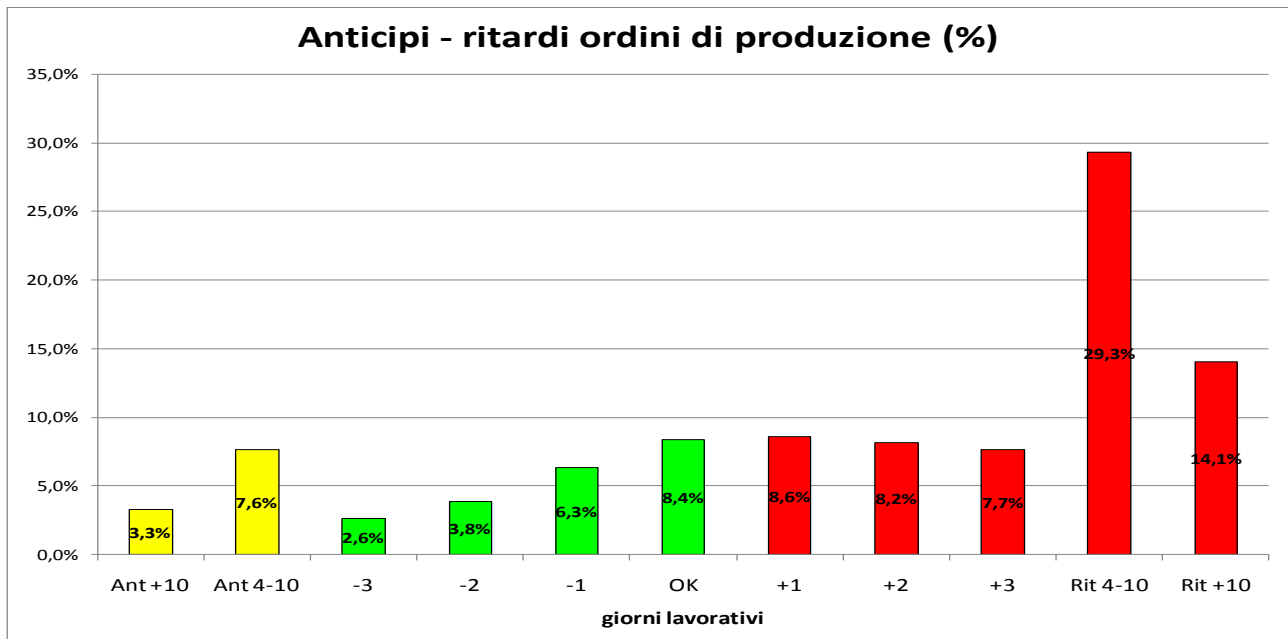


Figura 39: Ritardi degli ordini di produzione

La proposta dei consulenti per risolvere il problema è stata di cambiare il modo di gestione degli ordini di produzione, usando regole diverse secondo il costo e il consumo di ogni prodotto. L'idea era di usare tre modi di gestione:

- **A commessa:** gli articoli sono creati solo quando servono per un gruppo e non si tengono a scorta.
- **Kanban¹⁶:** Ogni volta che si consuma una quantità prefissata di materiale parte l'ordine di produzione. Quindi si produce solo in base ai prelievi effettuati con due settimane di copertura di scorte.
- **Punto di riordino:** Si produce quando finisce l'unico lotto con quattro settimane di copertura.

Per decidere la precedenza di lavorazione degli articoli in coda a una macchina si doveva guardare la classe di costo di appartenenza del prodotto, oltre alla data di fine fase. L'idea era di fare correre i pezzi più costosi quelli che avevano lavorazioni più lunghe e di numero maggiore. Questo avrebbe portato anche a una riduzione della quantità di pezzi, misurati in €, in fase di lavorazione. Avevano inoltre individuato tre classi di costo:

- **Classe di costo A:** prodotti con un costo maggiore di 250 €
- **Classe di costo B:** prodotti con un costo tra 250 € e 30 €

¹⁶ Kanban deriva dalla parola giapponese per cartellino e indica una modalità di gestione della produzione.

- **Classe di costo C:** con un costo minore di 30 €

Per decidere quale modo di gestione adottare per gli articoli, hanno guardato le classi di costo e il conteggio dei mesi in cui sono stati prelevati i prodotti nei dodici mesi analizzati come misura della regolarità del consumo. Nel grafico riportato i codici da gestire a commessa in blu quelli da gestire a kanban in giallo e quelli da gestire con il punto di riordino in verde. L'idea, in termini generali, era di gestire i prodotti meno prelevati e più costosi a commessa, quelli più prelevati e meno costosi con il punto di riordino e i rimanenti a kanban.

Somma di consumo anno	classe costi				
N° prelievi	A	B	C	Totale complessivo	
0	€ -	€ -	€ -	€ -	
1	€ 252.461	€ 709.481	€ 242.048	€ 1.203.989	
2	€ 53.521	€ 289.508	€ 147.450	€ 490.480	
3	€ 41.744	€ 142.621	€ 69.143	€ 253.508	
4	€ 7.870	€ 106.427	€ 40.257	€ 154.554	
5	€ 9.864	€ 58.444	€ 22.949	€ 91.256	
6	€ 6.805	€ 52.861	€ 31.468	€ 91.134	
7	€ 8.781	€ 41.492	€ 26.075	€ 76.348	
8	€ 4.426	€ 29.430	€ 19.736	€ 53.591	
9	€ 8.752	€ 54.772	€ 30.816	€ 94.340	
10		€ 88.741	€ 67.091	€ 155.832	
11	€ 8.924	€ 42.435	€ 45.612	€ 96.971	
12	€ 14.950	€ 35.674	€ 55.845	€ 106.470	
Totale complessivo	€ 418.098	€ 1.651.886	€ 798.489	€ 2.868.473	

Figura 40: Ripartizione dei codici secondo il modo di gestione

Questa suddivisione è stata trovata dopo numerosi altri tentativi e non è mai stata messa in pratica. I consulenti, giustamente, hanno abbandonato l'idea di fronte all'immensa varietà di articoli per costo, da un massimo di 5000 € per prodotto a un minimo di 0,01 €. Inoltre, la frequenza di prelievo può essere un dato poco indicativo perché alcuni articoli sono legati a specifici gruppi e magari sono venduti una sola volta in un anno mentre l'anno successivo ogni mese. Questo dipende anche da quali articoli decidano di usare i progettisti, che spesso non usano un articolo per un anno per poi usarlo l'anno successivo, etc. Data questa grande variabilità del sistema, i consulenti hanno deciso che progetti di

questo genere non erano possibili se prima non si erano portati avanti programmi di standardizzazione dei gruppi.

Gestione a Kanban del materiale per il tubo

Nonostante l'insuccesso della gestione del materiale a livello globale, i consulenti avevano deciso, dopo la creazione del tubo, di gestire i pezzi necessari per le Zero5 a kanban in modo da poter ridurre il problema dei mancanti per quest'area.

La decisione è nata dopo aver fatto alcune considerazioni sulle Zero5. La prima era che, nonostante non esistessero degli standard veri e propri, la progettazione delle Zero5 partiva sempre da gruppi predeterminati che erano modificati a seconda dei casi. Per questi gruppi esistevano delle distinte basi che potevano essere utilizzate per trovare gli articoli da gestire a kanban. Inoltre, mentre la domanda che si riferisce a certi gruppi può variare fortemente da un anno a un altro, la richiesta di gruppi della Zero5 è molto più stabile, perché il cliente richiede personalizzazioni su gruppi già esistenti e non di progettare tutto da zero. La gestione a kanban non avrebbe potuto coprire ogni singolo articolo esistente per le Zero5, ma poteva essere un ottimo punto d'inizio prima di portare avanti il progetto della standardizzazione dei gruppi.

La prima parte del progetto è consistita nel trovare tutti i gruppi che fanno parte della macchina Zero5 e stimare su quale percentuale di macchine siano montate. Queste percentuali sono state stimate dai consulenti con l'aiuto dei progettisti e del commerciale. Per esempio, nella tabella sono elencati i gruppi riguardanti la motorizzazione dell'alimentazione con le percentuali d'impiego e l'indicazione di quanti siano montati sulla macchina confezionatrice.

70%	ALIMENTAZIONE - ALLEN BRADLEY	1
	oppure	
0%	ALIMENTAZIONE - INDRAMAT	1
	oppure	
30%	ALIMENTAZIONE - ELAU	1

Figura 41: Gruppi di motorizzazioni per l'alimentazione

Da questi gruppi sono stati presi tutti gli articoli di produzione da gestire a kanban, tranne quelli del basamento delle macchine per i quali esiste già una regola di gestione specifica.

Un articolo di produzione può anche essere dato a un fornitore in caso d'emergenza, ma solitamente è lavorato all'interno dell'azienda stessa. Per ognuno di questi articoli è stato calcolato il fabbisogno annuo previsto moltiplicando la percentuale d'impiego dei gruppi cui appartiene per il numero di macchine costruite quell'anno, per il numero di gruppi montati sulla macchina e quanti articoli per gruppo. Facendo questo si ottiene il dato ricercato.

$$\text{Quantità } \beta = \sum_{t \in \text{Gruppi Articolo } \beta} (\text{Num Z5} \times \text{Perc Imp Gruppo}_t \times \text{Num Gruppo su Z5}_t \times \text{Impiego Art Gruppo}_t)$$

Per ogni articolo si è scaricata la quantità realmente consumata nell'anno, divisa mese per mese, il lead time di fornitura salvato nel sistema informativo e il costo stimato dell'articolo. Si è deciso di utilizzare due lotti che coprissero il tempo di fornitura più un certo quantitativo di scorte di sicurezza per eventuali imprevisti. Il calcolo della quantità per i lotti è stato fatto nel seguente modo:

$$\text{Quantità Lotto} = \text{LT giorni} \times \frac{\text{Consumo annuo}}{\text{Giorni lavorativi in un anno}} \times 1,3$$

Per la quantità consumata annualmente, si è scelto di prendere il numero più grande tra la quantità a consuntivo e la quantità prevista dai fabbisogni dei gruppi. L'idea era che qualche articolo potesse essere usato anche da altre macchine e quindi la quantità prevista potesse anche essere notevolmente inferiore. Per calcolare le scorte di sicurezza, si è aumentata la quantità di tutti i lotti del trenta per cento. I lead time sono stati presi dal sistema informativo e sono stati arrotondati a 16 giorni, se erano minori di 16, o a 20 giorni negli altri casi e aumentati di 2 giorni per avere un margine di sicurezza in più.

Sono stati creati i cartellini e i cassetti per i prodotti e la gestione a kanban è stata implementata. I risultati sono stati disastrosi, con un elevato numero d'indisponibilità, grossi problemi e tensioni con il reparto delle macchine utensili. Nel giro di poco il progetto è stato abbandonato e si è ritornati al modo di gestione precedente.

Nel corso del progetto sono state commesse alcune leggerezze e questo ha portato al fallimento della gestione a kanban. Per primo, hanno utilizzato il lead time del sistema informativo, che, come si è visto nel primo capitolo, è basato sulla somma dei tempi di lavoro e non sui tempi di attraversamento globali. Nonostante gli arrotondamenti fatti, i tempi stimati erano molto inferiori a quelli reali e questo ha portato a frequenti indisponibilità. Per stimare questi parametri, bisognerebbe vedere quali siano stati i tempi

di attraversamento degli ordini di produzione storici per ogni articolo e calcolare una media.

Non sono stati analizzati gli scarti tra le quantità previste e le quantità preventivate poiché si è scelto solo il maggiore dei due per fare il dimensionamento dei lotti. Se è vero che gli articoli potevano essere utilizzati da altre macchine e quindi portare a una quantità reale maggiore del previsto, non è stato possibile spiegare i casi di sovrastima. In questi casi, i lotti sarebbero sovradimensionati, quasi sempre reperibili a magazzino e raramente avrebbero creato dei problemi. Tuttavia, l'importante è capire se questi prodotti sarebbero stati utilizzati nel futuro o se erano già obsoleti o sostituibili da altri articoli, per non aumentare il valore di prodotti non mossi in magazzino.

Il calcolo della quantità di scorte a sicurezza poteva anche funzionare perché hanno deciso di utilizzare un notevole incremento del trenta per cento per ogni lotto. La formula accademica di calcolo delle scorte di sicurezza tiene conto sia della variabilità della domanda sia della variabilità dei tempi di fabbricazione. Oltre a dimensionare più adeguatamente le scorte di sicurezza, un'analisi più approfondita su queste due tipologie di variabilità poteva essere molto interessante perché poteva anche aiutare a capire quali fossero le lavorazioni più problematiche e i prodotti con una domanda più irregolare o aggregata. Una domanda molto variabile potrebbe, infatti, nascondere dei trend o dei prodotti sostituiti da altri o viceversa. Dato il gran dinamismo con cui alcuni prodotti sono resi obsoleti, sostituiti o diventano uno standard, era necessario analizzare con più attenzione alcuni articoli con pattern "sospetti" nella domanda.

L'ultimo problema riguarda il voler gestire tutti gli articoli in maniera indipendente, senza fare alcun ragionamento approfondito sui tempi di attrezzaggio dei centri di lavoro. Avevano calcolato che mediamente il venti per cento del tempo totale di lavorazione di un pezzo è dedicato a questo tempo e perciò l'hanno ritenuto trascurabile per il momento. In realtà, esistono dei pezzi che hanno dei tempi di riattrezzaggio molto alti e per questo sono sempre ordinati insieme dal responsabile della pianificazione MRP. Segue un esempio di una "famiglia" di otto articoli e del ciclo di lavorazione per la famiglia.

GRUPPO	COD ARTICOLO	DESC
A	3236315501	CALOTTA
A	3236315502	CALOTTA PORTA COLLETTO
A	3235155008	FLANGIA
A	7300002115	FLANGIA 1 CUSC.D=55 AN
A	7300002116	FLANGIA 1 CUSC.D=55 AN
A	7300015626	FLANGIA 1 CUSC.D=55 AN
A	7300002857	FLANGIA 2 CUSC.D=28 L=
A	3235155002	FLANGIA PORTA COLL.LAT

Figura 42: Esempio di famiglia di gruppi

Fase	T.attrezz. Min	T. esecuz min (tempo standard a pezzo)
Tornitura	70	5
Fresatura 1	60	10
Fresatura 2	30	3
Aggiustaggio	6	6

Figura 43: Ciclo di lavorazione per la famiglia A

Ogni articolo richiede quasi tre ore di tempo di attrezzaggio, prevedendo di avere sette riordini all'anno per ogni articolo si avrebbero 155 ore di attrezzaggio l'anno e assumendo un costo orario di 37 € per il reparto si spenderebbe 5735 € per questo motivo. Di fronte ai 717 € spesi ora per il tempo di setup per questa famiglia, sarebbe un aumento non trascurabile. Inoltre, questo sarebbe relativo solo a una famiglia, mentre sono state individuate, dall'analisi del candidato, 21 famiglie per un totale di 61 articoli. Ognuno di questi articoli ha un ciclo che prevede diverse ore di attrezzaggio e non tenerne conto durante la pianificazione causerebbe notevoli costi aggiuntivi nella fase di setup. Non volendo più pianificare tenendo conto delle famiglie tecnologiche, bisognerebbe ridurre i tempi di set up attraverso la metodologia SMED¹⁷. Quest'approccio porterebbe notevoli benefici anche per tutti gli articoli, riducendo il tempo dedicato al set up e consentendo una maggiore flessibilità nella pianificazione della produzione.

¹⁷ SMED, o *single minute exchange of dice*, è una metodologia, integrata nella filosofia lean, di riduzione dei tempi di attrezzaggio attraverso la standardizzazione del processo di settaggio e di riduzione, dove possibile, delle attività che lo compongono.

Conteggio di ARTICOLO	
GRUPPO	Totale
A	8
B	3
C	3
D	4
E	3
F	2
G	2
H	4
I	2
J	2
K	4
L	2
M	2
N	4
O	2
P	4
Q	2
R	2
S	2
T	2
U	2
Totale complessivo	61

Figura 44: Famiglie tecnologiche individuate

In questo caso, si è posta troppa poca attenzione alla fase di sviluppo di questo progetto. La situazione, a livello della gestione dei materiali, è molto complessa a causa della mancanza di standard nella fase di progettazione, della creazione continua di nuovi articoli, dei tempi notevoli di set up e dei molti disturbi che intervengono. Non si può pensare di gestire il tutto applicando una semplice formula a un gruppo di articoli senza fare alcun tipo di analisi di approfondimento e senza sentire il parere di chi conosce meglio quei reparti.

Sicuramente, bisognerà migliorare la gestione dei materiali per permettere alla fase di montaggio di avere i pezzi sempre disponibili anche se ogni miglioramento in questa fase sarà penalizzato dai problemi derivanti da altre aree aziendali.

Questo capitolo è dedicato all'analisi eseguita dal candidato su un campione di ordini di produzione provenienti da cinque commesse. L'analisi nasce dall'esigenza di capire quali possano essere le cause dei ritardi, stimare i giorni di attraversamento delle fasi di lavorazione e capire quanto siano coerenti le date d'inizio produzione con i fabbisogni per il montaggio. I dati sono stati raccolti usando il sistema informativo Baan per poi essere importati e analizzati su dei fogli di calcolo Excel.

Descrizione del dataset¹⁸

Sono stati raccolti dati per 126 ordini di produzione dal mese di giugno al mese di settembre 2010. Le variabili scelte per l'analisi sono 14 e sono le seguenti:

- **Lav Est:** indica il tipo di lavorazione esterna fatta sull'articolo.
- **Mese:** denota se il prodotto è stato lavorato durante il mese agosto (AG) o altro mese (*) per analizzare l'impatto delle ferie sui tempi di attraversamento.
- **Ord Prod:** il codice identificativo dell'ordine di produzione.
- **Articolo:** il codice identificativo dell'articolo che può essere lavorato in due ordini di produzione diversi, anche se ogni ordine si riferisce ad un solo articolo.
- **Macchina:** la fase di lavorazione considerata.
- **Fine fase lav:** la data di fine lavorazione per quella fase.
- **T attraversamento gg:** il tempo di attraversamento in giorni lavorativi della fase. È stata calcolata contando i giorni lavorativi dalla fine della fase precedente alla fine della fase stessa.
- **Data pian:** La data pianificata d'inizio produzione per quella fase.
- **Data prelievo:** La data di prelievo di quell'articolo per la fase di montaggio del gruppo di appartenenza. Nel caso l'articolo fosse richiesto da più gruppi, si è scelta la prima data tra le possibili.
- **Ritardo:** Il ritardo in giorni lavorativi dell'ordine di produzione rispetto alla pianificazione dell'uso del pezzo.

¹⁸ Un insieme di dati in forma tabellare, dove ogni colonna rappresenta una variabile (nome, cognome, età) e ogni riga è un'informazione del dataset (Mario, Rossi, 25).

- **Causa:** Nel caso si fosse verificato un ritardo, si analizza la causa, che può essere INIZIO, se la lavorazione è iniziata troppo in ritardo per poterla consegnare in tempo, e LT, se il tempo di attraversamento è stato troppo lungo.
- **Data coerente?:** Indica con SI o NO se la data d'inizio di lavorazione è coerente con la data di prelievo. Spesso ci sono stati degli slittamenti nelle date di prelievo e questo ha portato a rendere incoerenti le date inizialmente pianificate.
- **Commesse:** le commesse per cui l'articolo è richiesto.
- **Gruppi:** i gruppi a cui appartiene la commessa.

Lav Est	Mese	Ord prod	Articolo	Macchina	Fine fase lavor	T attravers gg
	*	588606	7384009101	TAGLIO	05/07/2010	0,00
	*	588606	7384009101	FRESET	05/07/2010	0,00
	*	588606	7384009101	TRAPAN	05/07/2010	0,00
	*	588606	7384009101	AGG	05/07/2010	0,00
Nichel Ch	*	588606	7384009101	Q - L - Q	12/07/2010	5,00

Figura 45: Esempio di ordine di produzione

Analisi del tempo di attraversamento

La prima fase dell'analisi è concentrata sulla stima dei tempi di attraversamento delle fasi di lavorazione. Dato il numero non elevatissimo di ordini di produzione analizzati sono state riportate solo le fasi più comuni e sono le seguenti:

- **AGG:** la fase di aggiustaggio consiste in una serie di lavorazioni manuali, come la limatura o la raschiatura, per ritoccare e migliorare il risultato delle lavorazioni eseguite dai macchinari.
- **FRESET:** lavorazioni di fresatura che asportano materiale in eccesso dal pezzo grezzo combinando la rotazione del tagliente alla traslazione del pezzo.
- **LAV LAM:** lavorazioni di lamiera di metallo, come la piegatura, tranciatura e imbutitura.
- **Q - L - Q:** sono le fasi di lavorazione eseguite all'esterno e sono composte di una fase di controllo qualità (Q), una fase di lavorazione all'esterno (L) e un'altra fase di controllo qualità (Q). Per problemi di reperimento dei dati non è stato possibile scindere e considerare individualmente le fasi.

- **QUAL:** la fase di controllo qualità eseguita a termine delle lavorazioni di articoli senza lavorazioni esterne.
- **TAGLIO:** la fase di taglio prevede il taglio del grezzo ed è solitamente la prima fase di un ciclo di lavorazione.
- **TORNCN:** le lavorazioni di tornitura sulla macchina a controllo numerico. La tornitura è eseguita asportando materiale dal grezzo mentre ruota e l'utensile si muove lungo una retta.
- **TORNPA:** sempre una fase di tornitura, ma eseguita su una macchina a controllo manuale.
- **TRAPAN:** la fase di foratura degli articoli.

Conteggio di Macchina	
Macchina	Totale
AGG	77
FRESET	46
LAV LAM	30
Q - L - Q	48
QUAL	78
TAGLIO	123
TORNCN	26
TORNPA	48
TRAPAN	42
Totale complessivo	518

Figura 46: Conteggio delle fasi di lavorazione

Le fasi di lavorazione, come possiamo vedere nella tabella riportata, sono molto comuni e rappresentano un campione abbastanza numeroso per stimare i tempi di attraversamento. Per la fase di taglio non è stato possibile stimare il tempo di attraversamento perché non è registrata la data in cui è rilasciato l'ordine né quando iniziano le fasi di lavorazione. Tuttavia, essendo probabilmente lo stadio meno problematico, con tempi di lavorazione prossimi a zero e quasi nessun tempo di attesa, si è deciso di considerare il tempo di taglio sempre uguale a zero.

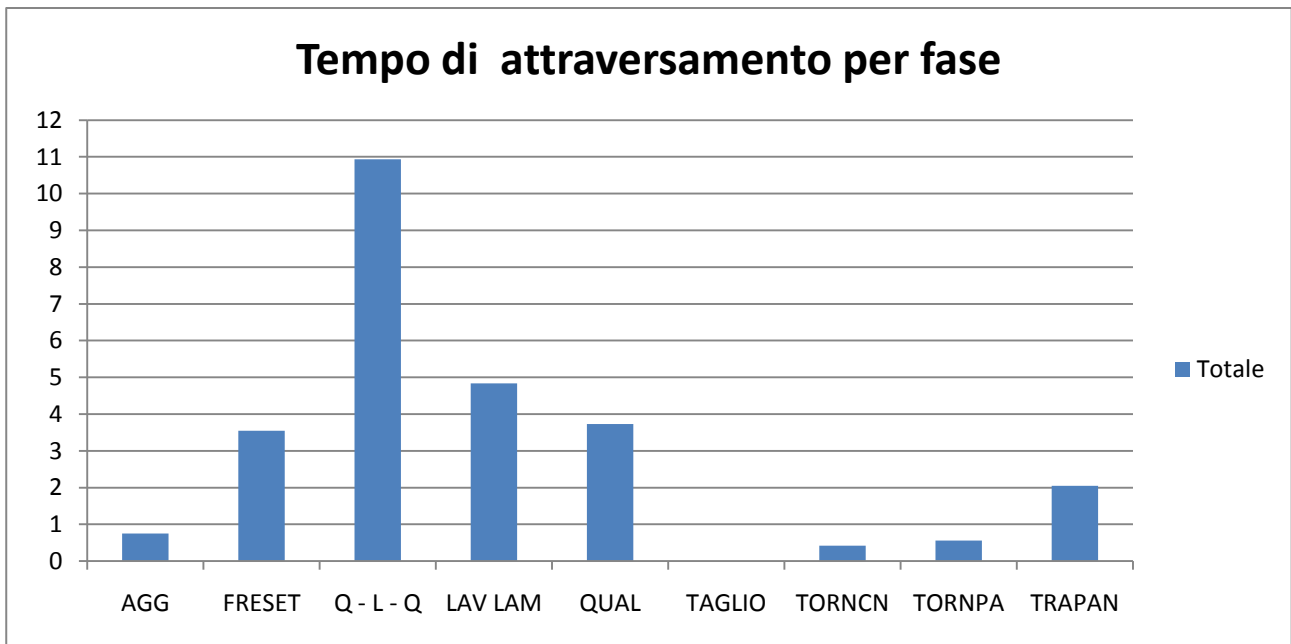


Figura 47: Tempo di attraversamento per fase

I dati raccolti sono molto interessanti se messi a confronto con i dati utilizzati per calcolare i tempi di lavorazione degli articoli. Solitamente, si considera al massimo un giorno per ogni fase di lavorazione interna, due per lo stadio di controllo qualità e cinque per le lavorazioni esterne. Queste stime risultano, nella maggiore parte dei casi, sottostimate e non tengono conto delle differenze tra le varie lavorazioni.

I dati usati per calcolare questi parametri, tuttavia, mostrano dei comportamenti sospetti perché sembrano più grandi durante agosto e incredibilmente variabili per le lavorazioni esterne. Per fare delle ricerche più approfondite sono state aggiunte le colonne per indicare se l'ordine di produzione è stato lavorato durante agosto e per specificare la tipologia di lavorazione esterna eseguita.

Il sospetto è che, nel caso degli ordini di produzione lavorate durante agosto, le ferie dei collaboratori e la chiusura dei fornitori abbiano contribuito ad allungare i tempi di attraversamento. Essendo l'analisi basata su pochi mesi e su un numero non elevatissimo di ordini di produzione si può concludere che abbia portato a calcolare dei parametri imprecisi.

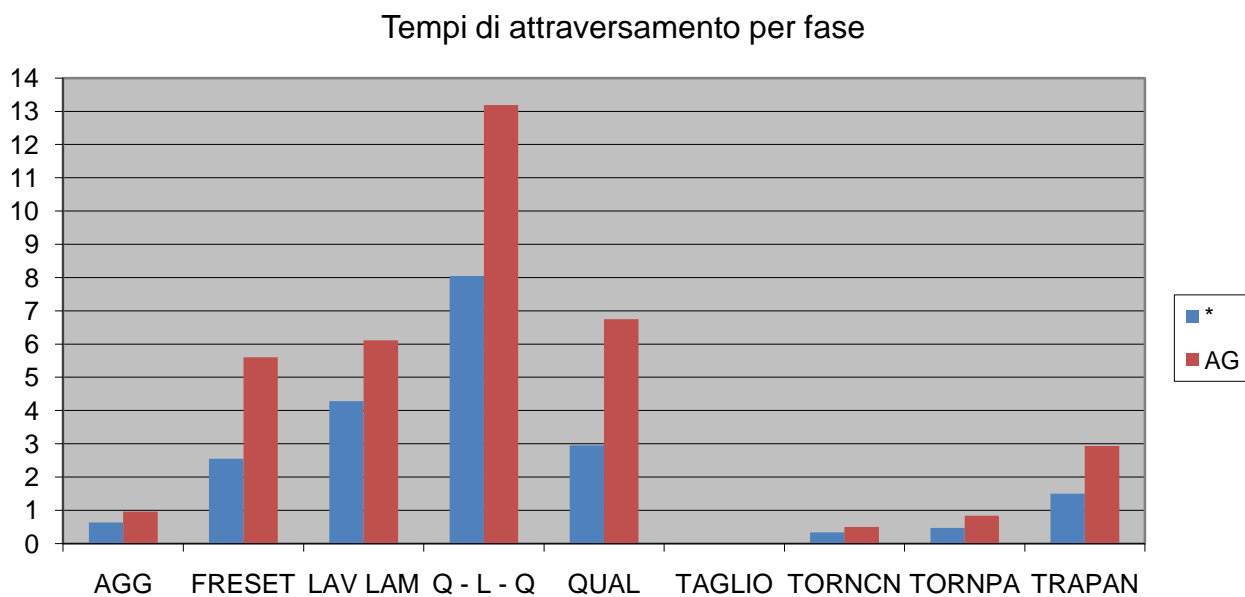


Figura 48: Tempi di attraversamento per fase 2

Vediamo uno scostamento deciso tra le medie calcolate tra le due popolazioni, ma nonostante ciò rimane sopra i tempi di attraversamento usati per la fase di pianificazione. Inoltre, vi sono differenze non trascurabili tra i tempi di attraversamento delle varie lavorazioni esterne.

Media di T attravers gg	Mese		
Lav EST	*	AG	Totale complessivo
Anod	7,125	8,25	7,5
Anod dura	11		11
Nichel Ch	8,416666667	13,055555556	11,2
Nichel El		6	6
NITROC		14	14
Totale complessivo	8,047619048	12,08	10,23913043

Figura 49: Tempi di attraversamento per le lavorazioni esterne

Le lavorazioni esterne prese in considerazione sono le seguenti:

- **Anod**: l'anodizzazione è un processo elettrochimico mediante il quale si forma uno strato protettivo dagli 8 ai 20 micron di ossido di alluminio sulla superficie dell'oggetto.
- **Anod dura**: è simile al trattamento precedente, solo che lo strato protettivo di ossido di alluminio varia dai 20 ai 50 micron.
- **Nichel Ch**: la nichelatura chimica è un processo che deposita uno strato di nichel sulla superficie del prodotto.
- **Nichel El**: la nichelatura elettrolitica è simile alla lavorazione precedente solo che l'articolo deve essere metallico e lo strato è depositato tramite il passaggio di corrente elettrica.
- **NITROC**: la nitrocarburazione è un trattamento termochimico d'indurimento superficiale.

La media calcolata per le lavorazioni esterne è in realtà composta di lavorazioni diverse con tempi di attraversamento diversi. Vi sono inoltre un gran numero di lavorazioni esterne che non sono state misurate come la gommatura ossia il rivestimento di una superficie con uno strato di gomma.

Analisi dei ritardi

In seguito, si è cercato di capire quali potessero essere le cause dei ritardi degli ordini di produzione. Mediamente sono stati rilevati 1,75 giorni di ritardo per tutti gli ordini di produzione con un ritardo massimo di 44 giorni e un anticipo massimo di 18 giorni. Tuttavia gran parte dei ritardi sono concentrati nel mese di agosto, come vediamo nella tabella riportata.

Media di Ritardo	
Mese	Totale
*	-0,891566265
AGOSTO	6,837209302
Totale complessivo	1,746031746

Figura 50: Media di ritardi per mese

La coerenza tra la data di fine lavorazione e la data pianificata di utilizzo sembra essere un fattore importante. Lo slittamento delle date dei prelievi ha creato molti anticipi come vediamo nella tabella sottostante.

Media di Ritardo	
Data coerente?	Totale
*	-2,857142857
SI	2,666666667
Totale complessivo	1,746031746

Figura 51: Ritardi per coerenza delle date

Analizzando le cause dei ritardi, si può notare che i ritardi di lead time (LT) mediamente sono più alti dei ritardi causati dalla dilazione nell'iniziare le lavorazioni. In entrambi i casi, anche se in modo molto più incisivo, vi sono dei ritardi molto grandi con alcune fasi con più di venti giorni lavorativi di attraversamento. Nello stesso periodo altri articoli hanno attraversato le stesse fasi in meno tempo, quindi si possono escludere problemi di natura tecnica con le macchine. Questi dati sono figli della pianificazione "speciale", che come abbiamo visto nel primo capitolo, è fatta all'interno del reparto delle macchine utensili. È quasi impossibile riuscire a seguire tutti gli articoli in lavorazione e in attesa di lavorazione all'interno del reparto e le continue fermate di articoli a metà del ciclo di lavorazione, poi dimenticati, hanno causato molti ritardi. Anche se le date d'inizio produzione potrebbero non essere coerenti con i reali fabbisogni del montaggio usare questo sistema di pianificazione è molto rischioso e laborioso.

Media di Ritardo	
CAUSA	Totale
INIZIO	7,652173913
LT	9,487179487
NO RITARDO	-5,09375
Totale complessivo	1,746031746

Figura 52: Ritardi per causa

Guardando i ritardi divisi per commessa o gruppo di appartenenza, si ha una situazione molto diversa a secondo i casi. Usare questi dati per capire quali siano i gruppi o commesse con più ritardi, però, può trarre in inganno. I gruppi o commesse con meno ritardi sono quelli, dove si sono verificati più slittamenti nelle date di fabbisogno o dove, per la data di consegna dell'impianto, i pezzi sono stati lavorati prima o dopo il mese di agosto. I fattori più rilevanti per capire i ritardi sono quelli che abbiamo visto in precedenza.

Media di Ritardo	
Commesse	Totale
V8559	-2,869565217
V8577	3,142857143
V8578	2,8125
V8580	1,3
V8584	0,075
Totale complessivo	0,177083333

Figura 53: Ritardi divisi per commesse

Media di Ritardo	
Gruppi	Totale
ALM	3,52
CRT	4,6
DR	-2,083333333
LTP	1,130434783
MAC	0,75
ROT	-0,5
USC	-0,821428571
Totale complessivo	0,876106195

Figura 54: Ritardi divisi per gruppi

Analisi dei tempi di lavorazione

È stata fatta una nuova analisi sui tempi di lavorazione registrati dalla timbratura degli operatori e, dividendo questo dato per il numero di pezzi fabbricati, si ha il tempo di lavorazione per pezzo. Sono state considerate le stesse lavorazioni utilizzate per i tempi di attraversamento, togliendo le fasi di lavorazione esterne e di controllo qualità. È stata aggiunta la lavorazione di rettifica (RETTIF) fatta per garantire un alto grado di finitura a una superficie. Questa fase è molto interessante per l'analisi.

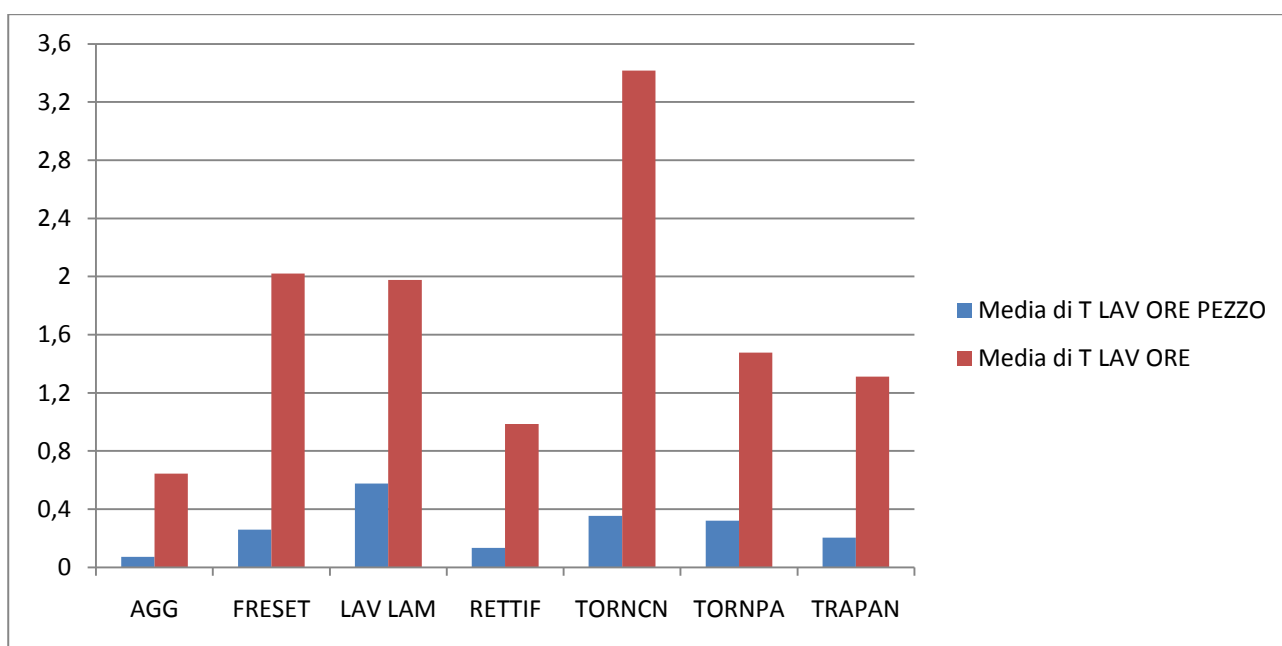


Figura 55: Tempi di lavorazione totali e per pezzo

Il grafico riporta il confronto per ogni fase di lavorazione tra il tempo di lavorazione totale e per singolo pezzo. È molto interessante notare come delle fasi che hanno dei tempi di attraversamento molto diversi abbiano dei tempi di lavorazione per pezzo molto simili. Ciò significa che i tempi di lavorazione non sono un elemento decisivo nella determinazione dei tempi di attraversamento delle lavorazioni. La correlazione¹⁹ tra questi due tempi è di 0,11 e indica un legame positivo ma molto debole. Inoltre, il grafico riportato non evidenzia alcun tipo di legame tra i due dati.

¹⁹ Un indice statistico che misura, con un numero tra -1 e 1, la forza del legame lineare che lega due popolazioni di dati.

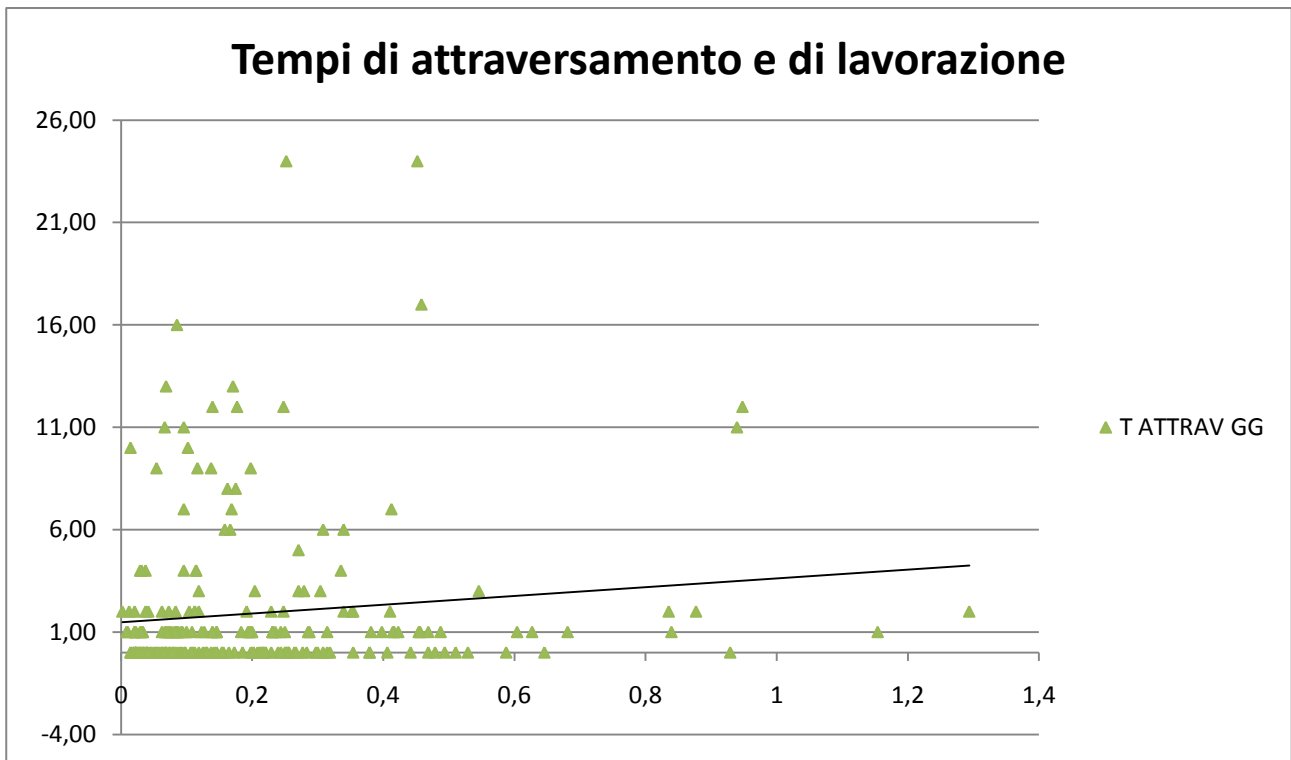


Figura 56: Legame tra tempi di attraversamento e di lavorazione

Calcolando il rapporto tra il tempo di lavorazione in giorni e il tempo di attraversamento si vede che il rapporto, in media, non supera il quaranta per cento. È un'altra conferma del fatto che i tempi di attraversamento non sono fortemente influenzati dai tempi di lavorazione. È interessante notare come le fasi con i tempi di attraversamento più brevi abbiano il rapporto tra i due tempi più elevato. Questo significa che per queste fasi il tempo dedicato alle lavorazioni incide di più sul tempo totale passato in quella fase. Per esempio, la fase di rettifica passa una piccolissima porzione di questo tempo in lavorazione e questo è perché la rettifica è adoperata solo per alcune ore al giorno. È quasi inutile cercare di migliorare i tempi di attraversamento semplicemente diminuendo i tempi di lavorazione.

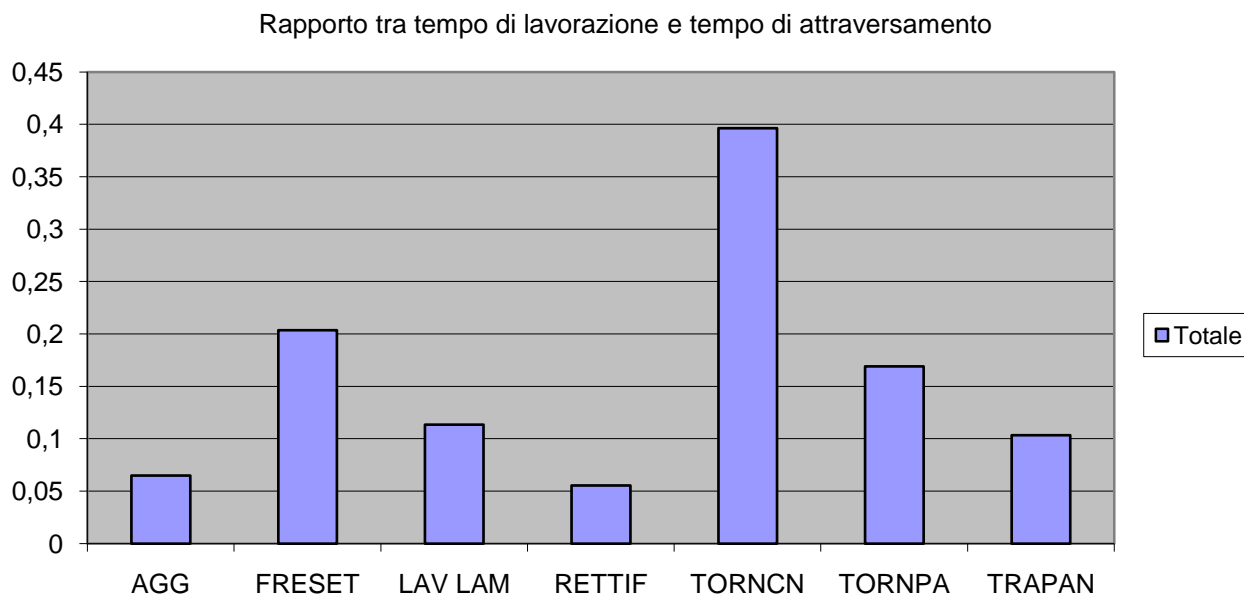


Figura 57: Rapporto tra tempo di lavorazione e di attraversamento

Conclusione dell'analisi

Analizzando i tempi di attraversamento delle diverse fasi di lavorazione che solitamente sono più lunghi durante il mese di agosto, si può notare che sono superiori ai tempi pianificati. Inoltre, si è visto come i tempi per le lavorazioni esterne sono il risultato di una combinazione di dati molto diversi tra di loro. Tenendo in considerazione queste osservazioni sarebbe possibile pianificare in maniera più adeguata le date d'inizio produzione degli ordini e avere una maggiore consapevolezza della tempistica delle diverse fasi.

L'analisi dei ritardi, invece, ha evidenziato una serie di cause senza individuare quali fossero quelle prevalenti. L'impatto del mese di agosto sembra rilevante, come si vede nei grafici riportati qui sotto, ma risulta esserci una differenza notevole tra gli ordini con e senza data coerente anche isolando i dati di agosto. Non sembra esserci molta differenza tra i ritardi causati dai tempi di attraversamento troppo lunghi e dall'iniziare troppo tardi le lavorazioni. Tuttavia, dato il numero non molto elevato di dati su cui si è svolta l'analisi e la grossa variabilità aggiuntiva causata dal periodo di ferie, sarebbe meglio approfondire questi temi con dati più dettagliati per capire quali siano i fattori più incisivi nel causare i ritardi.

Media di Ritardo	Mese		
Data coerente?	*	AGOSTO	Totale complessivo
*	-6,578947368	32,5	-2,857142857
SI	0,796875	5,585365854	2,666666667
Totale complessivo	-0,891566265	6,837209302	1,746031746

Figura 58: Ritardi divisi per mese e per coerenza

Media di Ritardo	Mese		
CAUSA	*	AGOSTO	Totale complessivo
INIZIO	6,947368421	11	7,652173913
LT	6,230769231	11,11538462	9,487179487
NO RITARDO	-5,62745098	-3	-5,09375
Totale complessivo	-0,891566265	6,837209302	1,746031746

Figura 59: Ritardi divisi per mese e causa

L'ultima parte dell'analisi ha rilevato il legame molto debole tra il tempo di attraversamento e il tempo di lavorazione di una fase. Inoltre, il tempo di lavorazione costituisce una frazione minima del tempo passato a una fase di lavorazione e bisogna tenere conto di questo per la fase di pianificazione.

In generale, l'analisi può essere presa come modello di riferimento per raccogliere ed elaborare osservazioni future. Si potrebbero usare le informazioni raccolte per correggere i dati usati per la pianificazione e per individuare eventuali problemi, com'è fatto nelle aree di progettazione, montaggio e collaudo.

Indici statistici usati

Gli indici statistici sono stati usati nella tesi per descrivere sinteticamente le caratteristiche di dati e l'intensità dei legami tra loro.

Indici di posizionamento centrale

- **Media:** l'indice di posizionamento centrale più noto è la media aritmetica campionaria. Si ottiene dividendo la somma delle osservazioni per il loro numero.

$$\bar{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Indici di dispersione

La media, tuttavia, potrebbe essere un dato molto lontano da tutte le osservazioni raccolte ed essere un'entità molto astratta. Per questo motivo, c'è bisogno di guardare la dispersione dei dati intorno alla media.

- **Varianza:** calcola una media degli scarti, elevati al quadrato, dei dati rispetto alla media. Essendo una funzione differenziabile, è molto usata.

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\mu})^2$$

- **Deviazione standard:** la varianza tende a dilatare gli errori più grandi e si usa la deviazione standard per riportare la misura alla scala originale. È calcolata facendo la radice quadrata della varianza.

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\bar{\sigma}^2}$$

- **Coefficiente di variazione:** è il rapporto tra la deviazione standard e la media ed è usato per confrontare campioni diversi.

$$CV = 100 \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\mu}}$$

Indici di correlazione

Gli indici di correlazione esprimono l'intensità e la tipologia di legame che c'è tra una coppia di attributi: X_j e X_i .

- **Covarianza:** è il valore atteso del prodotto degli scarti delle osservazioni, appartenenti ai due attributi, rispetto alle loro medie. Se le osservazioni sono entrambi maggiori o minori della loro media danno un contributo positivo alla somma e se discordi danno un apporto negativo. Il valore assoluto della covarianza misura la forza del legame e il segno, positivo o negativo, ne rileva la natura.

$$Cov(x_i, x_j) = \frac{1}{(n-2)} \sum_{k=1}^n (x_{k,i} - \bar{\mu}_i)(x_{k,j} - \bar{\mu}_j)$$

- **Correlazione:** è la covarianza divisa il prodotto delle deviazioni standard degli attributi. È un numero tra -1 e 1 ed è molto più facile da usare per misurare l'intensità del legame tra i due attributi.

$$Corr(x_i, x_j) = \frac{Cov(x_i, x_j)}{\bar{\sigma}_i \bar{\sigma}_j}$$

Diagrammi di Gantt

Il diagramma di Gantt è uno strumento usato per visualizzare la collocazione temporale delle attività di un progetto. È un diagramma a barre dove a ogni attività è associata una barra. La lunghezza della barra rappresenta la durata di un'attività, mentre il punto d'inizio e di fine raffigurano gli istanti d'inizio e di fine. Ogni attività ha una data d'inizio a più presto e a più tardi, consentendo molteplici combinazioni diverse da visualizzare.

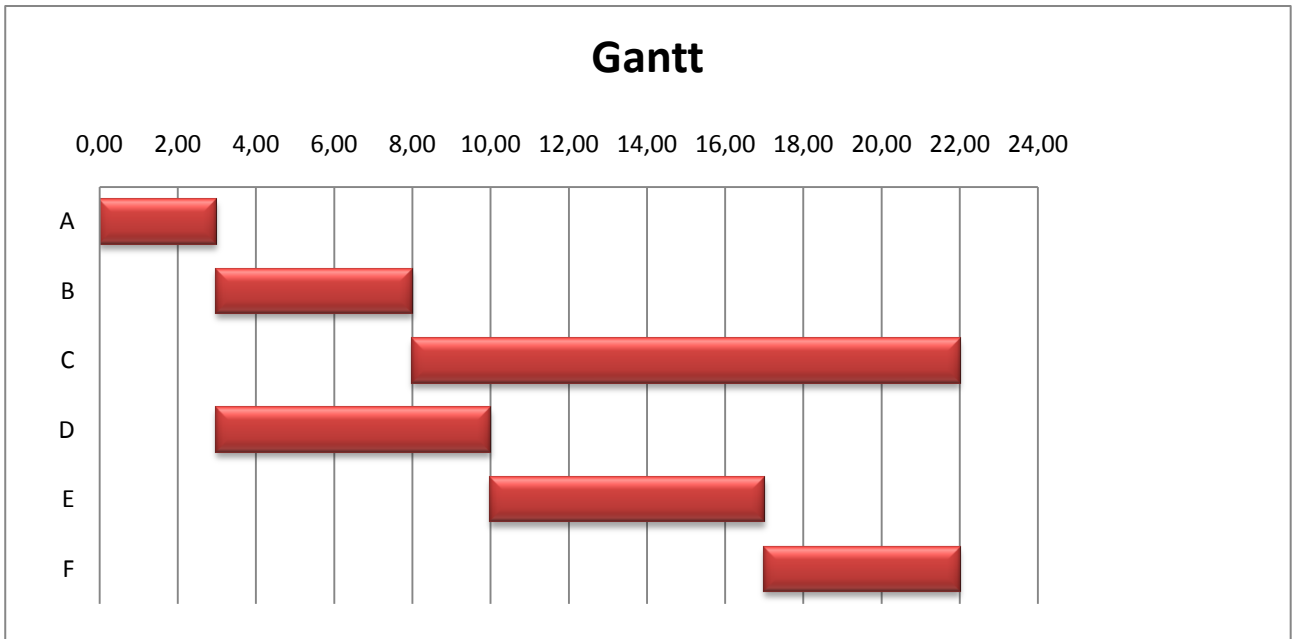


Figura 60: Esempio di diagramma Gantt

Analisi PERT

L'analisi PERT introduce informazioni di natura probabilistica relative alla durata delle attività di un progetto. Si basa sull'ipotesi che i tempi delle attività seguano la distribuzione beta, che dipende da due parametri i e j e ha la seguente funzione di densità di probabilità:

$$f(x) = \frac{1}{\int_a^b x^{i-1}(1-x)^{j-1} dx} x^{i-1} (1-x)^{j-1}$$

Sono poi stimati tre valori per ogni attività k :

o_k : durata minima dell'attività k

r_k : durata più probabile dell'attività k

p_k : durata massima dell'attività k

Avendo questi dati si può calcolare i parametri della distribuzione beta per ogni attività k :

$$\mu_k = \frac{o_k + 4r_k + p_k}{6}$$

$$\sigma_k^2 = \left(\frac{p_k - o_k}{6}\right)^2$$

Questi parametri saranno utilizzati per valutare l'intervallo di confidenza del cammino critico del progetto. Il cammino critico è l'insieme di attività che non possono essere ritardate senza rimandare la fine del progetto. La durata del cammino critico C è data dalla somma di tutte le attività che lo compongono e ha i seguenti parametri:

$$\mu_c = \sum_{k \in C} \mu_k$$

$$\sigma_c^2 = \sum_{k \in C} \sigma_k^2$$

Usando questi dati è possibile stimare la probabilità che il cammino critico e quindi anche il progetto intero siano consegnati in ritardo rispetto ad una data prefissata.

Pianificazione MRP

Il *materials requirements planning* è un algoritmo che fornisce un aiuto alla pianificazione dei materiali per la produzione. Questa pianificazione indica che cosa, quanto e quando produrre minimizzando le scorte, massimizzando la disponibilità degli articoli nel magazzino e rendendo efficiente il sistema produttivo. L'algoritmo processa le distinte basi, le date d'inizio montaggio dei gruppi e i lead time degli articoli per restituire gli ordini di produzione degli articoli. Questi ordini di produzione hanno una data d'inizio che è stata calcolata per rispondere ai fabbisogni di materiali.

L'algoritmo è composto di quattro fasi:

- I. Si calcola il fabbisogno al netto delle scorte sottraendo la quantità di articoli disponibili a stock dal fabbisogno lordo. La quantità disponibile a magazzino è il numero di articoli presenti meno le scorte di sicurezza ed eventuali articoli impegnati per altri scopi.
- II. Dal fabbisogno al netto delle scorte si sottraggono gli ordini di produzione in fase di lavorazione e così si ottiene il fabbisogno di articoli al netto degli ordini in corso.
- III. Il fabbisogno è lottizzato secondo la politica di lottizzazione adottata per quel prodotto. La quantità da produrre è decisa in base a multipli interi di questa lottizzazione.

IV. A questo punto si conoscono quanti articoli dovranno essere consegnati per la data del fabbisogno e di conseguenza è calcolata la data d'inizio produzione per avere abbastanza tempo per completare il ciclo di lavorazioni. Per questo calcolo si utilizza il lead time di fabbricazione del pezzo.

È un algoritmo molto semplice ed efficace che però ipotizza che la capacità produttiva dell'azienda sia infinita. Spesso bisogna correggere manualmente o con degli algoritmi ulteriori le date degli ordini di produzione.

Questa tesi è nata con l'obiettivo di analizzare il lavoro di riorganizzazione aziendale svolto dai consulenti per la società Cavanna e approfondire alcune tematiche mediante un'analisi individuale.

L'esigenza di una riorganizzazione delle aree dedicate alla produzione, progettazione e gestione dei materiali nasce da cambiamenti nelle esigenze espresse dai clienti, soprattutto per quanto riguarda le richieste relative ai tempi di consegna, diventati sempre più ridotti e importanti. L'azienda Cavanna ha registrato un aumento costante delle vendite negli ultimi anni ed è riuscita sempre a soddisfare a pieno le richieste tecniche dei clienti, facendo però fatica a rispettare le date di consegna prestabilite. Prima dell'intervento dei consulenti era difficile stabilire da dove nascessero i problemi e seguire con sufficiente cura le fasi di realizzazione a causa della grande variabilità delle commesse che portava a pianificazioni e gestioni non standard.

I più grandi contributi dati dai consulenti sono stati la razionalizzazione della pianificazione di progettazione e produzione e la creazione un sistema di raccolta dati che permettesse di individuare rapidamente i problemi. Questi sono gli strumenti di cui l'azienda aveva bisogno per risolvere autonomamente le proprie criticità e riuscire a rispondere meglio alle nuove esigenze del mercato.

Nell'area di progettazione è stata implementata la metodologia scrum per la gestione delle attività dei progettisti ed è stata rinforzata la figura del project manager per seguire lo svolgimento delle commesse in ogni fase. È stata ideata ed iniziata un'attività di standardizzazione di alcuni gruppi per migliorare la gestione della fase di produzione e per ridurre lo sforzo necessario di progettazione per le commesse.

Nell'area di montaggio e collaudo sono state individuate e delimitate delle zone preposte alle diverse tipologie di macchine e gruppi per migliorare e razionalizzare l'uso dell'area produttiva. Per ogni fase di montaggio e collaudo è stato steso un ciclo di attività di cui è attentamente misurato il tempo effettivo di lavorazione. Inoltre, sono stati raccolti tutti i dati possibili relativi alle perdite di tempo e di fermata di produzione dovuti a problemi.

Si è tentato di migliorare la gestione del materiale implementando per un breve periodo la tecnica kanban per gli articoli delle macchine Zero5. Questa tecnica è stata rapidamente abbandonata dopo perché non è riuscita a risolvere i problemi per cui era stata creata. Per questa fase non sono state fatte analisi ulteriori e non è stata modificata la gestione o la pianificazione. L'analisi sugli ordini di produzione, fatta dal candidato, approfondisce e porta avanti il lavoro dei consulenti nella gestione del materiale a magazzino. Stimando i tempi di attraversamento reali delle fasi di lavorazione, cercando le cause dei ritardi e analizzando il rapporto tra tempi di lavorazione e di attraversamento si è tentato di fornire dei dati per migliorare la gestione attuale. Tuttavia dato il periodo scelto per fare l'analisi, a cavallo delle ferie estive, e dato il numero non molto elevato su cui si è svolto il lavoro, i dati raccolti non sono sufficienti per guidare con affidabilità l'implementazione di cambiamenti migliorativi ma la struttura dell'analisi può essere usata per fare delle ricerche più approfondite. L'analisi del candidato fornisce quindi all'azienda una metodologia per comprendere meglio e trovare eventuali criticità della gestione del materiale.

Questa tesi ha evidenziato che tuttora persiste una forte difficoltà dell'azienda a rispettare i tempi richiesti dai clienti e che forse potrebbe essere migliorata facendo un uso maggiore degli strumenti forniti dai consulenti. I dati sono raccolti, elaborati e presentati con grande perizia, ma difficilmente portano a delle azioni di miglioramento o a delle riflessioni più approfondite. La razionalizzazione dei processi di pianificazione e di gestione delle fasi ha portato a una maggiore visibilità dei problemi e una più ampia condivisione d'informazioni tra le diverse funzioni aziendali ma rischia di essere stato un cambiamento di forma ma non di sostanza all'interno dell'azienda se questo lavoro non è messo in pratica fino in fondo.

- KALPAKJIAN SEROPE, SCHMID STEVEN R., *Tecnologia Meccanica*, Pearson, Milano, 2008
- MONTGOMERY DOUGLAS C., *Controllo statistico della qualità*, McGraw-Hill, Milano, 2006
- RENDER BARRY, STAIR RALPH M., *Quantitative analysis for management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1994
- RUSSELL ROBERTA S., TAYLOR BERNARD W., *Production and operations management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1995
- SPINA GIANLUCA, *La gestione dell'impresa*, ETAS, Milano, 2006
- VERCELLIS CARLO, *Business Intelligence*, McGraw-Hill, Milano, 2006
- VERCELLIS CARLO, *Modelli e decisioni*, McGraw-Hill, Milano, 2006

Siti web di riferimento

- Cavanna S.p.A. – *Art of Flow Pack*, sito ufficiale <http://www.cavanna.com/>
- DENARDO LUCA, *Cavanna in cifre 2009*, comunicato stampa dell'azienda scaricato da <http://www.cavanna.com/cavanna50/Cavanna%20in%20cifre%20anno%202009.pdf>
- DENARDO LUCA, *Investiamo in innovazione*, comunicato stampa dell'azienda scaricato da <http://www.cavanna.com/cavanna50/Investiamo%20in%20Innovazione.pdf>
- *Scrum Alliance*, sito ufficiale di un'organizzazione dedicata a far conoscere la tecnica scrum, www.srumalliance.org
- *Supply Chain e Quality management*, *12Manage*, pagina che raccoglie le metodologie e teorie relative alla gestione della supply chain e della qualità, http://www.12manage.com/i_sq_it.html
- *Chiarini & Associati – Lean Manufacturing*, pagina dedicata ad approfondire tematiche attinenti alla filosofia industriale Lean, <http://www.qualityi.it/lean%20manufacturing.htm>

Ringraziamenti

Un grazie sentito:

- al Sig. Mario Cavanna, per avermi dato la possibilità di svolgere lo stage presso la sua azienda;
- al Prof. Andrea Sianesi, il relatore della mia tesi, per avermi offerto quest'opportunità e per l'aiuto fornito durante il lavoro di tesi;
- all'Ing. Paolo Pescatori per tutto quello che mi ha insegnato e per avermi fatto da guida durante i sei mesi di stage;
- al Sig. Gallarini, all'Ing. Fasanino, al Sig. Valentini, al Sig. Pilotti, al Sig. Cerutti e a tutti i dipendenti della Cavanna S.p.A., che mi hanno supportato e sopportato durante lo stage;
- ai miei genitori, a Simona e Marco che mi hanno sostenuto e motivato durante tutti questi anni di studio;
- alla mia Beatrice;
- a tutti gli amici e colleghi di università che mi sono stati vicini durante questi cinque anni e con cui ho condiviso momenti indimenticabili.