



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE DEL LAYOUT
IN CONTESTI MANIFATTURIERI:
IL CASO MORATTO SRL"**

RELATORE:

CH.MO/A PROF. ANDREA FURLAN

LAUREANDA: IRENE MORATTO

MATRICOLA N. 2001682

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature) 

*A mia nonna Gisela e mio nonno Eligio,
che sarebbero stati molto fieri di me.*

*A mio fratello Luca,
con il quale realizzerò grandi imprese.*

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 - LAYOUT	3
1.1 Analisi dei processi	3
1.2 Layout.....	7
1.3 Importanza del layout	9
CAPITOLO 2 - MAPPATURA.....	11
2.1 Progettazione di ciascun layout di base	11
2.2 Simbologia.....	13
2.3 Tipologie di mappe dei processi	13
2.4 Tecniche di mappatura dei processi.....	16
CAPITOLO 3 - ANALISI AZIENDA MORATTO SRL	21
3.1 Tipologia di processo.....	21
3.2 Tipologia di layout.....	21
3.3 Current state map.....	22
3.4 Future state map.....	27
CONCLUSIONI	31
BIBLIOGRAFIA	31
RINGRAZIAMENTI	33

INTRODUZIONE

Oggigiorno avere una buona struttura produttiva è una delle chiavi del successo per creare un'azienda forte e solida.

Gli ultimi anni, caratterizzati dall'ondata pandemica Covid-19, la guerra in Ucraina e altri significativi eventi storici, hanno portato le aziende a subire variazioni produttive consistenti con improvvisi rallentamenti o accelerazioni. Il risultato è stato che solo coloro che erano dotati di una buona organizzazione sono riusciti a fronteggiare le nuove esigenze di mercato, mentre altri hanno dovuto affrontare rilevanti problemi.

Il tema che affronterò in questa tesi è il posizionamento dei processi, chiamato layout. Si tratta della disposizione fisica dei macchinari, attrezzature e persone all'interno di un'organizzazione. Negli ultimi anni, questa tematica è stata sempre più studiata perché, come vedremo successivamente, svolge un ruolo fondamentale nel processo produttivo di un'azienda.

La letteratura ha cercato di trovare delle soluzioni a situazioni in cui, per esempio, era necessario eliminare gli squilibri del carico di lavoro o laddove bisognava ridurre al minimo i tempi di trasporto. Un miglioramento di questi aspetti può incidere sulle performance complessive dell'azienda.

Negli ultimi anni gli studiosi hanno cercato di apprendere nuove tecniche di applicazione per la progettazione della produzione dai sistemi digitali e dall'intelligenza artificiale. Per esempio, grazie all'innovazione tecnologica, sono stati raggiunti degli obiettivi non banali: è stato possibile trovare un sistema che può riconfigurarsi velocemente per gestire variazioni del prodotto o richieste da parte del fornitore; è stato rivoluzionato, in termini di efficienza, il processo di produzione con un miglioramento del tempo di processo del 10% circa.

L'elaborato è diviso in tre capitoli, disposti partendo dalla teoria fino all'applicazione pratica in un'azienda.

In particolare, nel primo capitolo svilupperò brevemente la teoria delle varie tipologie di processo e layout di base.

Nel secondo capitolo invece riporterò alcune tipologie di mappe e tecniche grafiche per l'analisi della mappatura dei processi.

Per concludere, grazie alle informazioni dei precedenti capitoli, svilupperò un'analisi dell'impianto produttivo dell'azienda Moratto S.r.l. .

L'azienda, nata nel 1978 come Elettromeccanica Moratto, è specializzata nella produzione di motori elettrici asincroni mono e trifasi con il marchio ELMOR. La Moratto S.r.l. è presente

in diversi settori e da anni affaccia il proprio mercato all'intera Europa, con particolare attenzione alla Germania.

La tesi si concluderà suggerendo delle soluzioni per migliorare la progettazione dei processi di una particolare tipologia di motore all'interno della fabbrica.

CAPITOLO 1 - LAYOUT

La progettazione dei processi sta diventando un tema molto importante nella letteratura manageriale. Un buon processo incide sulla performance dell'impresa, permettendole di diventare più competitiva.

“Progettare” significa “fare il progetto di qualche cosa, cioè idearla e studiare le possibilità e i modi di eseguirla” (dizionario Treccani). Perciò progettare è un'attività concettuale che, attraverso l'analisi di diverse alternative, permette di trovare la soluzione più efficiente.

La progettazione dei processi è costituita da due aspetti: il posizionamento, che determina i tratti generali, e l'analisi, che definisce i dettagli più specifici.

Di seguito, andrò ad analizzare i processi produttivi che permetteranno poi di comprendere quale sia il layout più efficace da utilizzare.

1.1 ANALISI DEI PROCESSI

Per analizzare i processi bisogna considerare le caratteristiche dei volumi e le varietà dei prodotti e servizi, che sono tra loro indirettamente proporzionali. Quando i processi hanno elevati volumi, i prodotti e servizi hanno minore varietà. Mentre, quando i processi hanno bassa varietà, i prodotti e servizi hanno un maggior volume.

I primi aspetti da considerare nella progettazione di un processo sono: comprendere le modalità con le quali i volumi e varietà influenzano le caratteristiche del processo, e stabilire se queste siano coerenti con i processi finora strutturati. Non esiste una tipologia di progettazione del processo migliore in assoluto, perché prodotti o servizi con volumi-varietà diversi richiedono processi produttivi differenti.

Il sistema più comune per analizzare la relazione tra il posizionamento del processo in termini di volumi-varietà e le sue caratteristiche di progettazione, è rappresentato dalla “matrice prodotto-processo” (Figura 1). L'idea di base è che la progettazione dei processi sia fortemente influenzata dal posizionamento in termini di volumi-varietà. Quindi, per qualsiasi tipo di processo, i compiti assegnati al personale, il flusso dei prodotti, la disposizione delle risorse, la tecnologia utilizzata e la progettazione del lavoro sono profondamente influenzati dal posizionamento all'interno della matrice. Per garantire il giusto “fit” tra processo e posizionamento, tutti i processi dovrebbero essere collocati in vicinanza alla diagonale “naturale” o “linea di adattamento”, ideata da Hayes e Wheelwright nel 1984 (si veda *Gestione delle Operations e dei processi*, Nigel Slack et al., p.118).

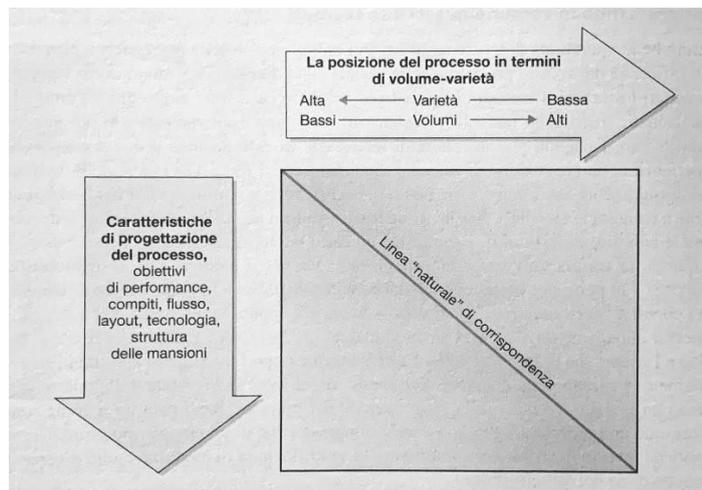


Figura 1: matrice prodotto-processo

I processi posizionati in punti diversi della diagonale danno luogo ad una diversa configurazione. Ogni diverso posizionamento comporta caratteristiche diverse nell'insieme dei lavori svolti dal processo e nei modi in cui le informazioni e i materiali scorrono attraverso esso.

Le tipologie di processo assumono diverse connotazioni in funzione del contesto manifatturiero o di servizio. Talvolta è presente una sovrapposizione di tipologia, perciò la classificazione non è nettamente distinta.

Tra le diverse tipologie di processo troviamo:

- Processi a progetto

I processi a progetto riguardano la produzione di singoli prodotti altamente personalizzati per soddisfare un ordine preciso del cliente. L'orizzonte temporale di realizzazione e completamento del prodotto è solitamente molto lungo; ogni processo ha un inizio e una fine ben definiti. Le attività svolte sono numerose, poco strutturate e incerte, e spesso vengono modificate nel corso del processo. La maggior parte delle attività sono influenzate dal giudizio personale della persona responsabile del progetto. Le risorse utilizzate per realizzare il prodotto sono dedicate ed esclusive.

Esempi di processi a progetto: agenzie pubblicitarie, cantieri, produzione cinematografica, installazione di software...

- Processi per reparti

I processi per reparti sono caratterizzati da una varietà molto alta e bassi volumi. La produzione avviene per unità distinte con una commessa ripetitiva per tutta la durata del ciclo di lavorazione (produzione in serie di piccoli lotti). Le risorse di ciascun prodotto sono

condivise tra loro. Il processo può elaborare un maggior numero di prodotti con esigenze specifiche rispetto ai processi a progetto.

Esempi di processi per reparti: attività per la lavorazione di precisione (lavorazioni meccaniche, lavorazioni del legno, ecc.), attività dei sarti, stampaggi industriali, restaurazione di mobili...

- Processi a lotti

I processi a lotti realizzano più di un prodotto alla volta. Il singolo gruppo viene prodotto ripetutamente per un determinato periodo. Il lotto può essere costituito solamente da due o tre componenti (se ogni serie di prodotto è completamente diverso) oppure può essere più grande e perciò il processo diventa più ripetitivo. Le attività sono lineari e relativamente standardizzate.

Esempi di processi a lotti: produzione di macchine industriali, produzione di componenti per il settore automobilistico, capi di abbigliamento...

- Processi di massa

I processi di massa riguardano la realizzazione di prodotti con elevati volumi e bassa varietà. Queste ultime non influiscono sul processo di produzione perciò le attività sono altamente ripetibili e prevedibili. Solitamente il ciclo produttivo è composto da due fasi: la fabbricazione delle parti componenti, per alimentare un magazzino intermedio, e l'assemblaggio del prodotto finito, realizzato una volta ricevuto l'ordine da parte del cliente.

Esempi di processi di massa: produzione di beni di consumo durevoli, produzione di alimenti, fabbriche automobilistiche, fabbriche di televisori...

- Processi continui

I processi continui sono caratterizzati da volumi ancora più alti e minore varietà; sono tipici delle produzioni di massa standardizzate e produzioni omogenee continue. Vengono definiti "continui" poiché i prodotti vengono fabbricati attraverso un grande flusso lineare senza fine. Spesso i processi continui sono contraddistinti da tecnologie rigide e capital intensive. La loro caratteristica principale è la regolarità del flusso da una parte all'altra del processo.

Esempi di processi continui: raffinerie di petrolio, acciaierie, cartiere, centrali elettriche, centrali idroelettriche...

- Servizi professionali

I servizi professionali riguardano processi con elevata varietà, bassi volumi, e alto livello di personalizzazione. Tendono ad essere basate più sulle persone rispetto alle macchine, e danno più importanza al processo (modalità con la quale viene offerto il servizio) in confronto al prodotto.

Esempi di servizi professionali: consulenti, studi legali, studi medici, architetti, assistenti informatici, commercialisti...

- Service shop

I service shop sono un mix di attività di front- e back-office. Nelle attività di front-office, il personale è studiato e formato per dare consigli al cliente riguardo vendite o affitti di varia natura. Le attività di back-office, invece, riguardano i contratti di acquisto e amministrazione. Il “prodotto” è piuttosto standard e viene personalizzato in base al servizio offerto per soddisfare i bisogni specifici del cliente.

Esempi di service shop: banche, società di autonoleggio, scuole, ristoranti, alberghi, agenzie di viaggio...

- Servizi di massa

I servizi di massa sono orientati al “prodotto” e offrono una bassa personalizzazione. I servizi sono altamente meccanizzati; il personale ha una divisione del lavoro precisa e deve seguire rigide procedure. Poiché il numero di richieste di informazioni è assai elevato, è necessario che il processo di comunicazione con il cliente sia ben strutturato.

Esempi di servizi di massa: aeroporti, ferrovie, call center, supermercati, servizi di telecomunicazione, stazione di polizia...

I processi posizionati lungo la diagonale naturale della matrice sono caratterizzati da bassi costi operativi perché presentano lo stesso rapporto volumi-varietà.

Mentre, i processi che si trovano più a destra della diagonale sono contraddistinti da volumi più bassi e varietà più alta. I loro costi sono relativamente più elevati rispetto a quelli posizionati più vicino alla diagonale perché hanno una bassa flessibilità (cioè minor capacità di standardizzare le attività).

Al contrario, i processi che si trovano più a sinistra sono caratterizzati da volumi più alti e varietà più bassa. Tali processi sono altamente standardizzati e quindi assai rigidi.

Queste caratteristiche comportano elevati costi poiché non è possibile passare da un'attività ad un'altra facilmente e con flessibilità.

Il posizionamento dei processi all'interno della matrice prodotto-processo è puramente concettuale e non da nessuna indicazione in termini quantitativi. Inoltre non esiste un confine preciso che delimita i vari tipi di processo. L'analisi è comunque necessaria per comprendere se il posizionamento dei processi è collocato lungo la diagonale naturale oppure se occorrono modifiche in termini di volumi e varietà per ripristinare la struttura stessa. È importante ricordare che la posizione dei processi all'interno della matrice può cambiare senza modificare la struttura dei processi.

1.2 LAYOUT

Per ottenere un processo ben organizzato, è importante che le attività siano fisicamente posizionate in modo da rendere efficiente il meccanismo.

Anche il layout, come il posizionamento dei processi, è caratterizzato in parte dai volumi e varietà. Per esempio, quando i volumi sono bassi e le varietà sono elevate, il flusso è quasi irrilevante. Mentre, nella situazione opposta, la progettazione diventa fondamentale per ottimizzare il flusso.

Per "layout" intendiamo "il modo in cui le risorse di trasformazione sono posizionate l'una rispetto all'altra e il modo in cui i vari compiti sono assegnati a queste risorse di trasformazione" (Nigel Slack et al., 2013, p.193). Il layout quindi è la disposizione fisica di tutto ciò che viene utilizzato per la produzione di beni o la fornitura di servizi. Questo determina il modello di flusso delle risorse trasformate.

Esistono quattro tipologie di layout:

- Layout a posizione fissa

Nel layout a posizione fissa le risorse trasformate rimangono immutate tra le risorse trasformanti. L'oggetto di trasformazione è statico, mentre le attrezzature, macchine e persone si muovono a seconda delle necessità. Questa tipologia di layout è utilizzata per tutte quelle attività in cui il prodotto è troppo voluminoso, delicato da spostare o impossibilitato a muoversi.

I vantaggi sono la flessibilità del prodotto, la postazione fissa della risorsa trasformata e l'alta varietà dei compiti per gli addetti.

Mentre, gli svantaggi sono gli alti costi, la difficile programmazione spaziale e di attività, l'elevata mobilità del personale e delle attrezzature.

Esempi di layout a posizione fissa: costruzione di generatori elettrici, costruzione di navi o aerei, interventi chirurgici, ristoranti stellati...

- Layout funzionale

Nel layout funzionale le risorse trasformanti simili sono collocate vicine. Questo avviene perché è conveniente raggrupparle o è migliore l'utilizzo di macchinari e attrezzature. Le risorse trasformate passano da un'attività all'altra in base alle necessità. L'insieme dei flussi interni è complesso.

I vantaggi sono la flessibilità del prodotto, il facile controllo delle macchine e unità produttive.

Invece, gli svantaggi sono il basso utilizzo degli impianti, l'accumulo elevato di semilavorati, flussi complessi e difficili da organizzare.

Esempi di layout funzionale: attività ospedaliere, supermercati, lavorazioni di componenti dei motori aeronautici...

- Layout a celle

Nel layout a celle le risorse trasformate passano da una sezione (cella) all'altra attraverso una preselezione o autoselezione. Le risorse trasformate, quando arrivano nella loro cella di destinazione, trovano tutti i mezzi specifici necessari per soddisfare il processo di trasformazione. Ciascuna cella può essere organizzata come un layout funzionale o di prodotto, per ridurre la complessità. Il layout a celle è utilizzato soprattutto nelle attività complesse per organizzare in modo chiaro il processo trasformativo.

I vantaggi sono l'elevata varietà, la flessibilità, i bassi costi e la velocità del flusso all'interno delle celle.

Mentre, gli svantaggi sono i costi elevati per modificare il layout, il basso utilizzo degli impianti e l'alta richiesta di attrezzature.

Esempi di layout a celle: produzione di componenti informatici, reparti ospedalieri, aree specifiche dei supermercati...

- Layout per prodotto

Nel layout per prodotto le risorse trasformanti sono collocate in funzione esclusiva del prodotto. Ogni risorsa trasformata segue un percorso predefinito in cui ogni singolo processo è caratterizzato da una sequenza di attività da svolgere. Il prodotto "scorre lungo una linea" (Nigel Slack et al., 2013, p.197); per questo motivo, il layout viene anche chiamato "layout a

flusso” o “layout in linea”. Questa tipologia è presente quando i volumi sono elevati, il prodotto è standardizzato e il flusso è facilmente controllabile.

I vantaggi sono i bassi costi, gli elevati volumi, la specializzazione delle macchine e il semplice spostamento da gestire.

Invece, gli svantaggi sono la rigidità della produzione e il lavoro ripetitivo.

Esempi di layout per prodotto: assemblaggio delle automobili, programma di vaccinazione di massa, mensa self-service...

- Layout ibridi

I layout ibridi combinano elementi di tipologie diverse di layout di base, oppure utilizzano diversi layout di base in diverse parti dell'organizzazione.

Esempio di layout ibrido: l'ospedale. La struttura ospedaliera solitamente è organizzata secondo le regole del layout funzionale. Al suo interno sono presenti diversi reparti che, molto spesso, seguono regole diverse a seconda delle proprie necessità. Per esempio, il reparto di chirurgia seguirà il layout a posizione fissa; il reparto di radiologia sarà organizzato come un layout funzionale; mentre il laboratorio dei prelievi del sangue sarà strutturato seguendo le regole del layout per prodotto.

1.3 IMPORTANZA DEL LAYOUT

La pianificazione planimetrica delle aree, impianti e attrezzature è molto importante per ottimizzare i flussi fisici di materiali e prodotti.

La scelta del giusto layout è fondamentale perché rappresenta un costo per l'azienda ed è difficile modificarlo. Infatti, la riorganizzazione di un'operazione può richiedere interruzioni produttive, causando perdita di tempo e insoddisfazione da parte del cliente. Un layout inappropriato implica extra costi continui (ogni qualvolta un prodotto viene realizzato), tempi di processo lunghi, ritardi con i clienti e schemi di flusso confusi e imprevedibili.

Un layout efficace dà chiarezza al processo e trasparenza al flusso.

Uno studio condotto da Tompkins nel 1996, ha dimostrato che l'efficienza complessiva delle Operations può ridurre fino al 50% il totale dei costi operativi.

Quindi, una delle caratteristiche principali del layout da considerare maggiormente è la spesa unitaria della struttura. Bisogna distinguere il costo fisso da quello variabile. Per esempio, nel layout a posizione fissa il costo fisso è relativamente basso, mentre quello variabile è più alto rispetto a tutte le altre tipologie di layout. I costi fissi aumentano considerevolmente passando dal layout a posizione fissa, a quello di processo, alla cella, fino al layout di prodotto; i costi variabili invece tendono a diminuire.

La spesa totale dipende dal volume dei prodotti e servizi realizzati e da altri fattori difficili da misurare. Per rappresentare i costi, vengono utilizzati dei grafici a bande larghe. Minore è la certezza del costo, tanto più ampie saranno le fasce di costo e meno chiara sarà la scelta.

La scelta del layout è condizionata anche dalla natura del processo produttivo e da fattori di mercato. Ogni tipologia di processo può essere rappresentata da almeno due layout alternativi, come riportato nella tabella 1. La scelta tra le due opzioni (o la forma ibrida) dipende principalmente dagli obiettivi di performance del processo, quindi dai costi e dalla flessibilità.

Tipo di processo produttivo	Tipologie potenziali di layout
A progetto	Layout a posizione fissa Layout funzionale
Per reparti	Layout funzionale Layout a celle
A lotti	Layout funzionale Layout a celle
Di massa	Layout a celle Layout per prodotto
Continuo	Layout per prodotto
Servizi professionali	Layout a posizione fissa Layout funzionale Layout a cella
Service shop	Layout funzionale Layout a cella
Servizi di massa	Layout a cella Layout per prodotto

Tabella 1: correlazione tra processo produttivo e tipologia di layout

La scelta del layout deve iniziare con una valutazione degli obiettivi che devono essere raggiunti dalla struttura operativa. Questi dipendono principalmente dalla strategia aziendale, ma ne esistono alcuni più generali che sono rilevanti per tutte le Operations. Il layout deve risultare sicuro, privo di rischi per il personale e deve ridurre al minimo la lunghezza del flusso operativo. Inoltre deve garantire un uso appropriato dello spazio, rendendo facilmente accessibili le attrezzature e macchinari.

CAPITOLO 2 - MAPPATURA

Dopo aver determinato il layout di base, si prosegue con la progettazione più dettagliata. Questo avviene attraverso l'utilizzo di una tecnica chiamata mappatura.

La mappatura dei processi ha origine nel 1921 quando, due pionieri dell'ingegneria industriale, Frank e Lillian Gilbreth, pubblicarono "Process Charts – First steps in finding the one best way to do work".

La mappatura dei processi è la descrizione visiva dei processi in cui vengono evidenziate tutte le connessioni tra le attività necessarie a raggiungere gli obiettivi del processo.

Essa è importante perché definisce formalmente il comportamento di un processo; in questo modo, può essere interpretato e consultato da tutti coloro che ne hanno bisogno.

Esistono diverse tecniche per mappare i processi, successivamente ne verranno trattate alcune. Anche se queste risultano differenti, presentano delle caratteristiche in comune: individuano le attività complessive che vengono svolte durante il processo e identificano la sequenza delle attività, quindi il flusso dei materiali, persone e informazioni attraverso il processo.

2.1 PROGETTAZIONE DI CIASCUN LAYOUT DI BASE

In questa sezione verrà esaminata la progettazione specifica di ciascun layout di base analizzato nel capitolo precedente.

Nel layout a posizione fissa la collocazione delle risorse è determinata in base alla convenienza delle risorse trasformatrici. Infatti, l'obiettivo è ottenere una disposizione delle risorse che massimizzi il loro contributo al processo di trasformazione del prodotto. La progettazione di questo layout è molto difficile ed è fondamentale la corretta ubicazione fin dall'inizio per non incorrere in inefficienze lavorative. Esistono alcune tecniche per allocare le risorse nel layout a posizione fissa, ma sono poco utilizzate.

Nel layout funzionale la progettazione è complessa a causa di un elevato numero di opzioni. Per N centri di lavoro, esistono N fattoriali (N!) modi diversi di disporre i centri:

$$N! = N \times (N-1) \times (N-2) \times (N-3) \times \dots \times 1$$

Il numero elevato di opzioni rende difficile applicare la soluzione ottimale, perciò la maggior parte dei layout funzionali viene progettata usando l'intuizione e prove sistematiche.

Per strutturare al meglio il layout, il progettista deve avere a disposizione le seguenti informazioni: area richiesta da ciascun centro di lavoro, vincoli sulla forma dell'area, grado e direzione del flusso di lavoro e la necessità di avere vicini alcuni centri di lavoro o che siano in prossimità di un determinato punto del layout.

Il grado e la direzione del flusso sono rappresentati in un diagramma di registrazione del flusso. Se il flusso è casuale, queste informazioni possono essere ricavate dalle informazioni di routing o dall'osservazione dei percorsi dei clienti. Se la direzione del flusso non è significativa per il layout, allora l'informazione può essere eliminata. Se il costo del flusso è notevolmente diverso tra i centri di lavoro, allora nel diagramma verranno combinati i dati relativi al costo unitario e al costo del flusso, ottenendo così il costo della distanza percorsa.

L'obiettivo del layout funzionale è minimizzare i costi degli spostamenti nelle operazioni. L'efficacia viene calcolata sommando il prodotto tra il flusso di carichi o viaggi in un arco di tempo da un centro di lavoro a un altro e la distanza tra i due centri. Più basso è il risultato, migliore è il layout. Questa operazione presuppone che tutti gli spostamenti siano uguali e abbiano la stessa importanza, ma nella realtà non è così.

La complessità combinatoria del layout funzionale ha indotto gli studiosi a sviluppare delle procedure euristiche per ottenere un miglior processo di progettazione. Una di queste è basata sul computer e prende il nome di CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique). Questa procedura prevede che esistano $N!/2!(N-2)$ possibili modi per scambiare due centri di lavoro. L'euristica CRAFT necessita di 3 elementi: una matrice dei flussi tra reparti, una matrice dei costi di trasporto da un reparto all'altro e una matrice spaziale mostrante il layout iniziale. Dati questi elementi, è possibile calcolare la posizione di ogni reparto, il costo totale di trasporto del layout iniziale (moltiplicando la matrice dei flussi, ponderata sui costi, e le distanze tra i reparti) e il costo di scambio di ogni possibile coppia di reparti. Quindi, lo scambio migliore viene fissato, e l'intero ciclo viene ripetuto finché non ci saranno ulteriori miglioramenti.

La progettazione del layout a celle è difficile poiché esso è una combinazione del layout di processo e quello di prodotto. Per questo motivo, il progettista dovrebbe concentrarsi sugli aspetti di processo o di prodotto per semplificare il lavoro. Se la progettazione viene basata sul layout di processo, è utile servirsi di un clustering (analisi dei gruppi) per selezionare e raggruppare i processi in modo naturale. Bisogna quindi chiedersi quali altri tipi di processi potrebbero essere necessari per un prodotto o una parte di esso che utilizza quello stesso processo.

La progettazione del layout di prodotto prevede la scelta di "cosa posizionare dove". Cioè, una volta stabilita l'ubicazione, vengono assegnati i lavori a ciascuna di esse. Altre importanti decisioni sul layout di prodotto riguardano l'analisi del tempo di ciclo, del numero di fasi necessarie al processo totale, delle variazioni dei tempi di lavorazione e del bilanciamento del layout (saranno trattate successivamente).

2.2 SIMBOLOGIA

Nella mappatura vengono utilizzati diversi simboli per rappresentare gli elementi chiave dei processi; essi variano a seconda di ciò che si vuole rappresentare. I simboli possono essere disposti in ordine, in serie o in parallelo, a seconda delle necessità.

Una prima serie di simboli risale al 1899 e furono inventati da due ingegneri statunitensi, Frank Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth che cercarono di formulare un metodo per aumentare la produzione. Successivamente nel 1996, tre metodologi Booch, Rumbaugh e Jacobson furono incaricati dal Rational Software per creare un nuovo linguaggio, chiamato UML (Unified Modeling Language), che ancora oggi viene utilizzato.

I simboli più comuni (Nigel Slack et al., 2019) sono mostrati nella figura 2:

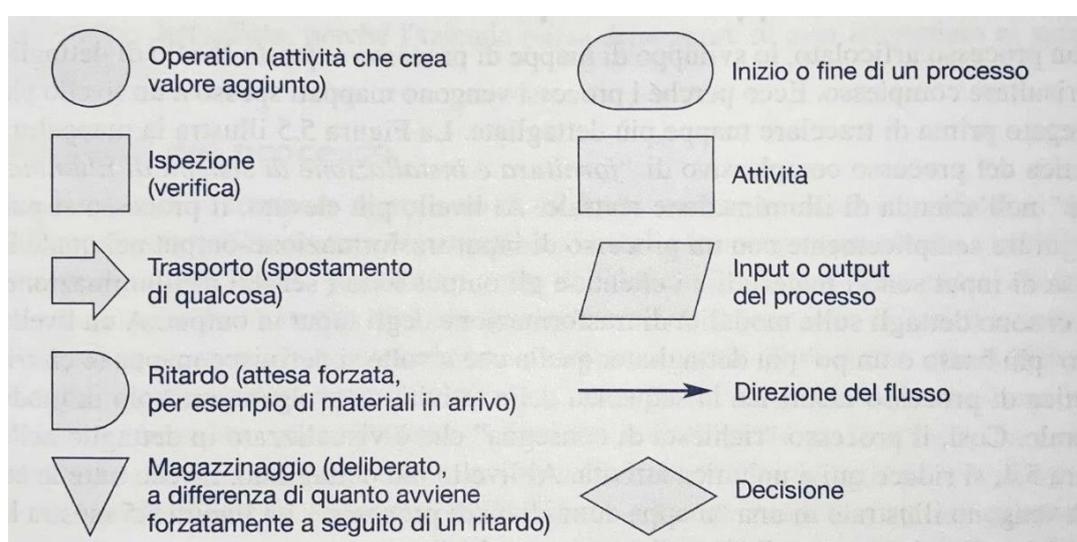


Figura 2: simboli comunemente utilizzati nelle mappe

2.3 TIPOLOGIE DI MAPPE DEI PROCESSI

Esistono diversi metodi per rappresentare la mappatura dei processi; questi posseggono lo stesso obiettivo ma alcuni possono adattarsi più efficacemente a taluni progetti.

Tra le principali mappe di processo troviamo:

- Flowchart (diagramma di flusso)

Il diagramma di flusso è uno strumento tradizionale che ha origini con l'ingegnere Gilbreth. Viene utilizzato per visualizzare i processi industriali e aziendali, mostrando come i lavori scorrono in un processo. Inoltre, è uno strumento utile per identificare le prestazioni del lavoro così da poterle migliorare.

Alcuni tra gli elementi che si possono trovare nel flowchart sono:

- Connettore: processo di creazione di un lavoro;
- Percorso: viene identificato dalle frecce, ogni fase del processo viene collegata in un ordine prestabilito;
- Coda: postazione in cui il prodotto rimane in attesa;
- Task: attività di trasformazione del prodotto, possono essere eseguite da una o più macchine;
- Server: attività svolta su un lavoro (ciascuno ha un compito specifico);
- Regola di azione: insieme di regole per lo svolgimento del lavoro (pianificazione e gestione delle code e priorità);
- Instradamento condizionale: controllo del lavoro per passare alla fase successiva.

Alcuni lavori prendono direzioni diverse a seconda delle proprie caratteristiche.

Attraverso il diagramma di flusso è possibile tracciare il lavoro a livello singolo o aggregato.

Per misurare le prestazioni del lavoro vengono utilizzate alcune metriche come: tempestività della consegna, tassi di rilavorazione e di scarto, identificazione dei colli di bottiglia, pianificazione della capacità...

- Swimlane chart (diagramma a corsia)

I diagrammi a corsia sono uno strumento valido ed efficace per convalidare delle regole e procedure aziendali con gli stakeholder. Si differenziano dagli altri diagrammi per il flusso di lavoro modellato, assegnano compiti a gruppi di utenti specifici, descrivono l'ordine dei compiti e includono le condizioni per decidere quale lavoro viene posto successivamente. La caratteristica distintiva è che ogni attore (definito a livello di dipartimento) e attività ad esso correlate appartengono ad una corsia diversa.

I diagrammi a corsia possono essere rappresentati orizzontalmente o verticalmente. La sequenza delle attività è definita da frecce; possono essere raffigurati anche eventuali ritardi temporali tra le attività.

La letteratura non presenta studi che valutino l'efficacia dei diagrammi a corsia, perciò, di seguito, è riportato il risultato di uno studio effettuato da alcuni studenti dell'Università del Midwest negli Stati Uniti. Sono stati effettuati due studi per esaminare l'efficienza e l'efficacia dei diagrammi a corsia e dei diagrammi non a corsia. Il risultato finale emerso è che le differenze tra i due diagrammi sono minime, e in particolare viene evidenziato che i diagrammi a corsia sono più efficienti nell'identificare le attività di un attore e nel consentire agli stakeholder di comprendere le attività del processo di business e i loro ruoli.

- Value stream map (mappa del flusso del valore)

La mappatura del flusso del valore è uno strumento utilizzato per analizzare il flusso dei materiali e delle informazioni generati dal prodotto.

Il value stream mapping è fondamentale perché aiuta a vedere il flusso complessivo del prodotto e le cause delle inefficienze, fornisce un linguaggio comunicativo semplice e comune, porta alla luce decisioni da prendere, collega i concetti e le tecniche Lean, aiuta a definire come dovrebbe operare il flusso, collega il flusso dei materiali e il flusso di informazioni, descrive qualitativamente come poter migliorare il sistema.

Grazie alla mappatura, è possibile creare uno stato migliore di quello attuale implementando un flusso a valore aggiunto.

Le fasi iniziali della mappatura della catena del valore sono: identificare la famiglia di prodotti (insieme di prodotti con fasi produttive e attrezzature simili), disegnare lo stato attuale raccogliendo le informazioni in reparto, disegnare lo stato futuro grazie alle informazioni ricevute nel passaggio precedente, e, infine, redigere il piano di lavoro e implementazione (descrive come si raggiungerà lo stato futuro).

L'azienda per migliorare deve fare "flow kaizen" (migliorare globalmente il flusso del valore) e "process kaizen" (eliminare degli sprechi); entrambi sono necessari perché il miglioramento di uno, causa il miglioramento dell'altro.

I disegni del current state e future state sono correlati poiché disegnando l'uno possono emergere delle informazioni essenziali per l'altro.

Il punto iniziale per avere un minimo miglioramento è definire chiaramente il valore del prodotto percepito dal cliente finale. La mappatura quindi inizia con le richieste del cliente.

Nel value stream mapping sono presenti il flusso del prodotto fisico (transito dei materiali all'interno dello stabilimento) da sinistra a destra che attraversa la parte bassa della mappa e il flusso di informazioni (ordini su come deve agire ciascun processo) da destra a sinistra che attraversa la parte alta.

Lo scopo del value stream mapping è evidenziare le fonti di spreco per eliminarle, attraverso la creazione di uno future state che sia raggiungibile in un breve periodo. L'obiettivo è creare una catena produttiva dove ciascun processo sia collegato a quello successivo attraverso il flusso, oppure attraverso un sistema di tipo pull.

Se non si deve realizzare un prodotto nuovo, il future stream map deve assumere i dati dello stabilimento attuale e deve cercare di eliminare quanto prima le fonti di spreco.

Costruendo una tabella con lo stato attuale e quello futuro, si possono evidenziare le quantità di spreco da rimuovere. Per farlo bisogna riprendere la mappa e le tecniche di mappatura per rivedere le idee di base e riadattarle alle nuove esigenze.

- Spaghetti charts

Gli spaghetti charts sono un'alternativa al value stream map e si differenziano per mostrare il percorso fisico di un processo. Essi rappresentano uno strumento per migliorare i layout inadeguati e i movimenti sprecati.

Gli spaghetti charts vengono utilizzati per analizzare le distanze percorse, andata e ritorno da un luogo, perdita di tempo di movimento e/o trasporto.

Nonostante la sua semplicità, i vantaggi sono l'analisi accurata dei materiali e persone, identificazione di inefficienze nella disposizione dei fattori, opportunità di gestione dei rifiuti, riallocazione delle risorse e miglioramento della sicurezza.

Attraverso un'accurata osservazione, il processo viene disegnato con delle frecce che descrivono il flusso di lavoro. L'operazione successiva è ottimizzare la movimentazione dei prodotti/dipendenti riducendo gli spostamenti non necessari e minimizzare la distanza totale (quindi il tempo che il lavoratore impiega per spostarsi da una postazione all'altra).

I grafici degli spaghetti sono sovrapposti in modo da far emergere i punti di collisione da eliminare. L'eliminazione di questi comporta una riduzione di confusione del processo complessivo.

2.4 TECNICHE DI MAPPATURA DEI PROCESSI

Sono state formulate una serie di tecniche per semplificare l'analisi delle mappe.

Quando il processo ha grandi dimensioni, disegnare una mappa è molto complesso. Per questo motivo i processi vengono mappati a livelli più aggregati; questa tecnica prende il nome di "mappatura dei processi di alto livello".

Il livello più elevato mostra un semplice processo di input-trasformazione-output; successivamente si passa ad una mappa sintetica di processo (chiamata "outline process map" o diagramma) in cui vengono evidenziate le sequenze delle attività da svolgere; poi viene delineata una mappa dettagliata di processo in cui viene visualizzata una singola attività; mentre nell'ultimo livello viene rappresentato un micro-set di attività ancora più dettagliato che evidenzia i singoli movimenti che vengono svolti all'interno di ciascuna attività.

A volte è conveniente rappresentare le mappe evidenziando il grado di visibilità delle sue parti; questo consente di rappresentare al meglio le componenti ad alta visibilità per consolidare la percezione del processo da parte del cliente nei confronti dell'azienda.

La mappatura mostra il grado di visibilità che il cliente ha su ciascuna attività. Comunemente si utilizzano quattro livelli di visibilità. Nel livello più alto, “sopra la linea di interazione”, vengono rappresentate le attività con una diretta interazione tra il personale dell’azienda e il cliente. Al di sotto si trovano le attività che vengono svolte presso la sede del cliente o in sua presenza, ma non comportano un’interazione diretta con l’azienda (queste attività vengono divise dalla “linea di visibilità” in base all’alto o medio grado). Infine, al di sotto della “linea di visibilità”, vengono riportate tutte le attività che si svolgono lontano dalla sede dell’azienda e sono visibili ai potenziali clienti.

Per analizzare le mappe è importante definire la capacità del processo, ossia bisogna aver chiaro come le attività possono essere frazionate all’interno del processo e come la capacità viene allocata.

Per definire ciò, bisogna analizzare i seguenti aspetti:

- Precedenza delle attività

La riprogettazione di un processo deve basarsi sulla precedenza strutturale delle attività, cioè deve considerare la sequenza delle singole attività e la loro relazione. La precedenza delle attività viene descritta utilizzando il “diagramma delle precedenze” in cui vengono inserite anche le informazioni riguardanti il tempo di svolgimento di un compito nella sua totalità e il tempo di esecuzione di ciascuna singola attività.

Una volta analizzato il processo, le attività possono essere strutturate per creare la configurazione generale.

- Configurazioni seriali e parallele

La configurazione generale del processo prevede la rappresentazione delle attività in modo sequenziale e parallelo.

Per organizzare le attività in modo sequenziale, bisogna innanzitutto definire il numero di fasi necessarie a svolgere un lavoro e successivamente dividere le attività per ciascuna fase.

I vantaggi della configurazione seriale (“long-thin”) sono: maggior controllo del processo, semplice gestione dei materiali, bassi investimenti e maggiore efficienza operativa.

Mentre, per organizzare le attività in modo parallelo, si utilizzano due o più linee più brevi che svolgono lo stesso compito. Questa struttura consente di aumentare il carico di lavoro in ciascuna fase.

I vantaggi della configurazione parallela (“shot-fat”) sono: maggiore flessibilità del mix di prodotti e volumi, maggiore sicurezza e minore monotonia lavorativa.

Spesso l'azienda sceglie una configurazione mista, seriale e parallela, prestando attenzione a vincoli tecnici che limitano ciascuna tipologia.

- Tempo di ciclo e ritmo di produzione

Il tempo di ciclo di un processo è “il tempo che intercorre tra il completamento di un'unità e il completamento dell'unità successiva” (Nigel Slack et al., 2019). Il tempo di ciclo è importante nelle decisioni e rappresenta sia la domanda che il processo può soddisfare, sia la capacità di produzione del processo stesso. Viene calcolato considerando la domanda dei prodotti o servizi in un certo periodo e la quantità di tempo impiegata per la produzione.

Inoltre, il tempo di ciclo stabilisce anche il ritmo del processo. Infatti, un processo deve necessariamente rispettare il tempo di ciclo previsto. Il ritmo di produzione è il tempo trascorso tra l'ingresso e l'uscita di un elemento dal processo.

Una volta determinato il ritmo di produzione del processo, bisogna definire la capacità minima per rispettare il tempo di ciclo. Per calcolare ciò, è necessario conoscere il contenuto di lavoro da svolgere. Il contenuto di lavoro è la “quantità totale di lavoro necessaria per produrre un'unità di output” (Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston, 2013). Più elevato è il contenuto di lavoro totale, minore sarà il tempo di ciclo e maggiore sarà la capacità necessaria per fronteggiare la domanda (maggiori saranno le fasi necessarie).

- Bilanciamento del processo

Il bilanciamento del processo viene utilizzato per assegnare le attività a ciascuna singola fase rispettando il tempo di ciclo e la quantità di contenuto di lavoro da svolgere.

Più equamente viene allocato il lavoro, meno tempo andrà disperso nelle altre fasi. Così facendo si eviteranno i colli di bottiglia.

Poiché è molto difficile trovare il perfetto bilanciamento, ci sarà sempre una minima inefficienza. Questa è misurata da una percentuale che esprime la quantità di tempo sprecato sul tempo complessivo del processo.

- Tempo di attraversamento, tempo di ciclo e work in process

Il tempo di ciclo è inversamente proporzionale alla capacità del processo: più breve è il primo, maggiore sarà il secondo, dato un determinato contenuto di lavoro.

La capacità di un processo viene comunemente espressa attraverso il reciproco del tempo di ciclo, cioè il “tempo di produzione”.

Un elevato livello di capacità corrisponde ad un rapido tempo di produzione, ma questo non comporta necessariamente un lesto movimento di materiali e informazioni. La velocità di

questo movimento dipende dal numero di unità contenute nel processo. Se il numero di unità è elevato, queste dovranno attendere in scorte “work in process” per un certo intervallo di tempo detto “tempo di attraversamento”.

La legge di Little mette in relazione il tempo di ciclo, il work in process e il tempo di attraversamento. È una legge molto utile e semplice, applicabile a tutti i processi stabili.

$$\text{tempo di attraversamento} = \text{work in process} \times \text{tempo di ciclo}$$

Quindi:

$$\text{work in process} = \text{tempo di attraversamento} \times (1/\text{tempo di ciclo})$$

ossia

$$\text{work in process} = \text{tempo di attraversamento} \times \text{ritmo di produzione}$$

In altre parole, Little afferma che il numero medio di oggetti nel sistema è dato dal prodotto della velocità media con cui gli oggetti attraversano il sistema e il tempo medio con cui ciascuno di essi fluisce all'interno.

Quando il tempo di lavorazione di un processo è diverso dal contenuto di lavoro, non viene svolta nessuna trasformazione utile sui materiali, informazioni o clienti che stanno attraversando il ciclo. L'efficienza di produzione è rappresentata dal quoziente del contenuto di lavoro sul tempo di lavorazione (solitamente è un numero minimo). Questo approccio presuppone che tutto il contenuto di lavoro sia effettivamente necessario; la modifica di un processo può ridurre il tempo necessario per completare l'attività. Quindi il contenuto di lavoro dipende dai metodi e dalla tecnologia utilizzati.

Finora l'analisi di processo è stata condotta in un ambiente senza variabilità, ma la realtà è più complessa. Infatti, le varietà della domanda e del tempo necessario a svolgere un lavoro incidono significativamente sui processi.

Le fonti di variabilità sono elevate e possono essere:

- Ritardi o anticipi dei materiali e informazioni all'ingresso di una fase
- Malfunzionamento temporaneo di una tecnologia di processo
- Necessità di inviare alla fase precedente materiali o informazioni difettate
- Errato trasferimento dei materiali e informazioni nel processo
- Disomogeneità dei prodotti o servizi
- Richiesta o necessità di trattare diversamente prodotti e servizi sostanzialmente identici
- Variazioni nel coordinamento fisico e sforzo delle persone coinvolte nel processo

Le fonti sopra citate causano due tipi di variabilità: la prima riguarda la domanda di una singola fase (variano i tempi di arrivo delle unità lavorative), la seconda riguarda il tempo necessario a svolgere un'attività in ciascuna fase. A loro volta, queste variabilità portano a code periodiche nelle fasi e perdite di tempo.

Gli effetti della variabilità saranno maggiori se il coordinamento delle unità tra le fasi e la sincronizzazione dei tempi di ingresso delle unità sono confusi e disorganizzati.

La variabilità di un processo tende ad aumentare l'inefficienza, causando maggiori tempi di spreco.

La sincronizzazione del movimento dei materiali e informazioni rende fisso, e pari al tempo di ciclo, l'arrivo delle unità in ciascuna fase.

Per analizzare la variabilità del tempo di arrivo sulla performance del processo, bisogna cominciare da un ambiente privo di variabilità.

In un mondo ideale costante e prevedibile, la relazione tra il tempo di attesa e l'utilizzazione del processo è rappresentata da un rettangolo.

Quando il tempo di arrivo è variabile, il processo potrebbe causare un accumulo di unità da processare o un sottoutilizzo delle risorse. La relazione tra il tempo di attesa e l'utilizzazione del processo è rappresentata da una curva che si appiattisce all'aumentare della variabilità.

Questo effetto presenta tre possibili alternative di progettazione per migliorare il tempo di attesa o la prestazione di utilizzo dei processi:

- Elevato utilizzo dei processi accettando lunghi tempi di attesa
- Bassa utilizzazione con brevi tempi di attesa
- Riduzione della variabilità dei tempi di arrivo e/o tempi di attività ottenendo un utilizzo più elevato e tempi di attesa bassi

Una regola importante da considerare quando si prendono decisioni strategiche relative alla progettazione dei processi è che, per garantire un utilizzo del 100% delle risorse, bisogna accettare un accumulo di semilavorati e/o tempi di attesa molto lunghi.

Per analizzare gli effetti dei processi con arrivi sincronizzati e variabilità dei tempi di attività, si utilizza l'analisi delle code o "linee di attesa". Per avere velocità di produzione ed elevato utilizzo delle risorse, l'azienda dovrebbe ridurre la variabilità dei processi; questo implica una limitazione delle personalizzazioni dei prodotti o servizi.

CAPITOLO 3 - ANALISI AZIENDA MORATTO SRL

Questa sezione è dedicata all'analisi del sito produttivo dell'azienda Moratto SRL.

L'impresa nasce a Pero di Breda di Piave (TV) nel 1978, svolgendo lavori di avvolgimento e riparazione delle macchine elettriche. Dal 1993 la Moratto decide di avviare la produzione interna di motori elettrici asincroni mono e trifasi con il marchio ELMOR, grazie alle conoscenze acquisite dalla collaborazione con alcuni importanti produttori del settore.

Il prodotto che l'azienda attualmente offre è altamente differenziato per soddisfare le esigenze specifiche di ciascun cliente. Vengono prodotte diverse serie di motori base a cui possono essere apportate delle modifiche per creare soluzioni su misura; questo è possibile grazie ad una forte collaborazione con il cliente. Il prodotto viene applicato in diversi settori: industria, energia, impianti sportivi, agricoltura, edilizia; in particolare i motori vengono inseriti in: carriponte, macchine utensili, centraline idrauliche, ventilatori, gruppi elettrogeni, impianti di risalita, pompe enologiche, banchi sega, riduttori...

Tutte le fasi lavorative vengono svolte in Italia, e in particolare la maggior parte avviene internamente all'azienda. Le principali fasi sono: studio del motore, realizzazione del prototipo, produzione dell'avvolgimento, lavorazioni meccaniche (con torni e rettifiche a CNC), assemblaggio del motore, test di qualità e sicurezza finale per ciascun motore prodotto.

3.1 TIPOLOGIA DI PROCESSO

La maggior parte delle lavorazioni segue un processo a lotti in quanto alcune componenti sono identiche per ogni tipologia di motore. Il vantaggio di questo processo è la possibilità di produrre continuamente serie di elementi uguali e utili a più prodotti finali. Degli esempi di piccoli lotti sono la produzione di scudi, flange, carcasse, alberi, avvolgimenti...

Nella fase di assemblaggio del motore si può notare un cambiamento di processo, infatti emerge una tipologia simile al reparto. Ogni serie di motore è caratterizzato da specifiche componenti, per esempio possono variare l'albero, il materiale delle flange (ghisa o alluminio), la grandezza delle carcasse... Perciò l'assemblaggio è una fase unica per ogni lotto di motore.

3.2 TIPOLOGIA DI LAYOUT

Negli ultimi anni, grazie all'avanzamento dell'azienda nel proprio settore, sono stati inseriti dei moderni torni, dei macchinari per la prova a fine linea dei motori e delle macchine per l'inserimento degli avvolgimenti in carcassa.

L'introduzione di questi macchinari ha modificato il layout aziendale.

Complessivamente l'azienda presenta un layout funzionale in quanto le risorse trasformanti per ogni fase sono collocate l'una accanto all'altra. Quando il prodotto arriva nella postazione dedicata, viene trasformato con i vari macchinari presenti, per poi passare all'attività successiva o accumularsi nel magazzino come semilavorato in attesa di essere prelevato per il lavoro.

Il layout funzionale ha il vantaggio di rendere il processo flessibile, infatti è possibile produrre diverse tipologie di prodotto. Gli svantaggi sono la complessa gestione del lavoro e l'accumulo di semilavorati nel magazzino.

All'interno delle fasi trasformatrici dell'azienda, sono presenti altre tipologie di layout.

Per esempio, nelle fasi di finitura e assemblaggio si può notare un layout per prodotto in quanto questo scorre lungo un banco di lavoro e viene trasformato da ciascun operatore posto a lato.

L'attività svolta è tipica della catena di montaggio; è semplice da gestire ed è molto lineare. Lo svantaggio è il lavoro ripetitivo da parte degli operatori dedicati a questa fase.

Mentre, per i motori di taglia superiore ai MEC160, è stato progettato un layout a posizione fissa. Il motore presenta un elevato peso (maggiore di 80 kg) perciò è obbligatorio fissare la carcassa ad un piatto il quale tramite un motoriduttore fa ruotare il prodotto di 360° consentendo a ciascun operatore di svolgere l'attività di assemblaggio.

Il vantaggio è il limitato spostamento del prodotto mentre la movimentazione di ciascun operatore comporta un dispendio di tempo.

Nel paragrafo successivo verrà utilizzato lo stream value map per costruire una mappa del processo produttivo di una tipologia di motore, e successivamente verranno riportati alcuni suggerimenti per l'ottimizzazione dello stesso.

3.3 CURRENT STATE MAP

L'azienda, come sopra esposto, produce diverse tipologie di motori. La seguente analisi riguarderà una specifica famiglia di prodotti: i motori trifase.

I processi produttivi di questo specifico motore cominciano con le lavorazioni dell'avvolgimento (bobinatura, inserimento del rame in cava, finitura), resinatura, inserimento dell'avvolgimento in carcassa, tornitura, e parallelamente avviene la preparazione dell'indotto e l'inserimento del paraolio nella flangia. Queste fasi continuano con l'assemblaggio, conseguente test finale su ciascun prodotto, e spedizione.

Tra le componenti principali troviamo le carcasse, che vengono fornite da Came e gli indotti, che vengono consegnati dalla SD meccanica. Entrambe le componenti vengono consegnate mensilmente.

I clienti finali in media ordinano 5470 pezzi mensili che vengono inviati su pallet contenenti diverse quantità di prodotto in base alla grandezza dei motori.

All'interno dell'azienda Moratto, si lavora mediamente 20 giorni al mese, 8 ore al giorno, con straordinari se necessario, a cui vanno tolti 20 minuti di pausa totali nell'arco della giornata.

La Moratto invia le previsioni a 4 settimane Ai fornitori di carcasse, mentre a 2 settimane alla SD meccanica.

La programmazione della produzione viene stabilita settimanalmente. Le spedizioni per Italia e Germania avvengono quotidianamente, mentre per l'estero avvengono il martedì e venerdì.

Le fasi vengono svolte nel seguente ordine:

1. bobinatura

Un operatore, impostando automaticamente una bobinatrice o utilizzando la stessa manualmente, crea delle bobine. Eseguendo manualmente la bobinatura il tempo ciclo è di 10 minuti e l'affidabilità è del 100%; mentre utilizzando la macchina il tempo ciclo e l'affidabilità si riducono. Il tempo di setup è di 10 secondi per impostare il macchinario.

2. inserimento

Degli operatori inseriscono manualmente le bobine all'interno delle cave degli statori con un tempo ciclo di 20 minuti. L'operazione può essere svolta anche da un inseritore automatico con un tempo ciclo inferiore.

3. finitura

Una catena di montaggio composta da 4 operatori eseguono l'apertura dello statore (se la fase precedente viene svolta con l'utilizzo dell'inseritore automatico), il collegamento dei cavetti, la saldatura, l'isolazione delle saldature mediante sterling o nastro isolante, la legatura, la sagomatura, e infine il collaudo finale su ciascun avvolgimento. Il tempo ciclo complessivo è di 10 minuti.

4. resinatura

Un operatore immerge una cassa contenente dai 10 ai 60 avvolgimenti (in base alla loro grandezza) nella resina per poi, dopo pochi secondi, essere estratta. Dopo aver atteso che la resina residua venga drenata, l'avvolgimento viene inserito all'interno di un forno. Il tempo ciclo del forno, è di 7 ore composto da 3 momenti: pre-riscaldamento, sgocciolatura, cottura.

La temperatura raggiunge i 130/135 °C. Solitamente il forno opera durante la notte così facendo la mattina gli operatori possono estrarre le casse e farle raffreddare. Il tempo di setup è di 10 secondi per impostare la temperatura del forno in base alla grandezza del motore. L'affidabilità dell'attrezzatura è del 100%.

5. inserimento

Un operatore inserisce le carcasse in un forno di 320/340 °C per poi posizionare all'interno lo statore avvolto con un tempo ciclo di 21 secondi. Il tempo di setup iniziale è di 10 secondi per modificare la temperatura e i tempi di riscaldamento. L'affidabilità del macchinario è del 99%.

6. tornitura

Un operatore utilizza un tornio per formare la sede di incontro tra la carcassa, la flangia e lo scudo. Il tempo ciclo è di 2 minuti. Il tempo di set up iniziale è di 2 minuti per cambiare le impostazioni del macchinario in base alla grandezza della carcassa. L'affidabilità del tornio è del 100%.

7. collegamento morsettiera

Un operatore manualmente inserisce e fissa una morsettiera elettrica sul motore con un tempo di ciclo di 2 minuti. Il tempo di set up iniziale è di 1 minuto. L'affidabilità dell'operazione è al 100%.

1.1 preparazione dell'indotto

Vengono inseriti 2 cuscinetti per ciascun indotto con un tempo di ciclo di 10 secondi per componente. Il tempo di set up è di 1 minuto. L'affidabilità della macchina è al 100%.

1.2 paraolio

Un operatore inserisce il paraolio all'esterno della flangia per isolare la parte interna del motore, con un tempo di ciclo di 9 secondi. Il tempo di set up è di 2 minuti per modificare le misure della macchina. L'affidabilità è del 100%.

8. assemblaggio

Un operatore manualmente assembla la carcassa, l'indotto con scudo, la flangia, la ventola, il copri ventola e poi fissa l'etichetta ELMOR. Il tempo di ciclo è di 3 minuti. L'affidabilità del processo è del 100%.

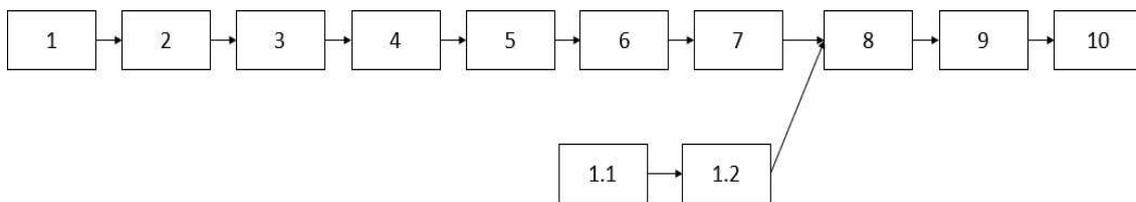
9. test finale

Il test finale viene effettuato su ciascun motore con un tempo ciclo di 40 secondi. Il tempo di set up è di 10 secondi per impostare il programma di misurazione. L'affidabilità dell'operazione è del 100%.

10. spedizione

Il magazziniere preleva i pezzi dal magazzino dei prodotti finiti e li prepara per i corrieri o il furgone che effettuerà la spedizione presso il cliente.

Il disegno mostra più chiaramente la disposizione delle fasi:



Dopo aver raccolto tutte le informazioni da ciascun reparto, è stata disegnata la current state map in cui viene rappresentato il processo lavorativo complessivo.

Il lead-time è di 28 giorni, mentre il tempo ciclo del processo è di 3500 secondi.

Di seguito è presente la current state map del processo produttivo (Figura 3).

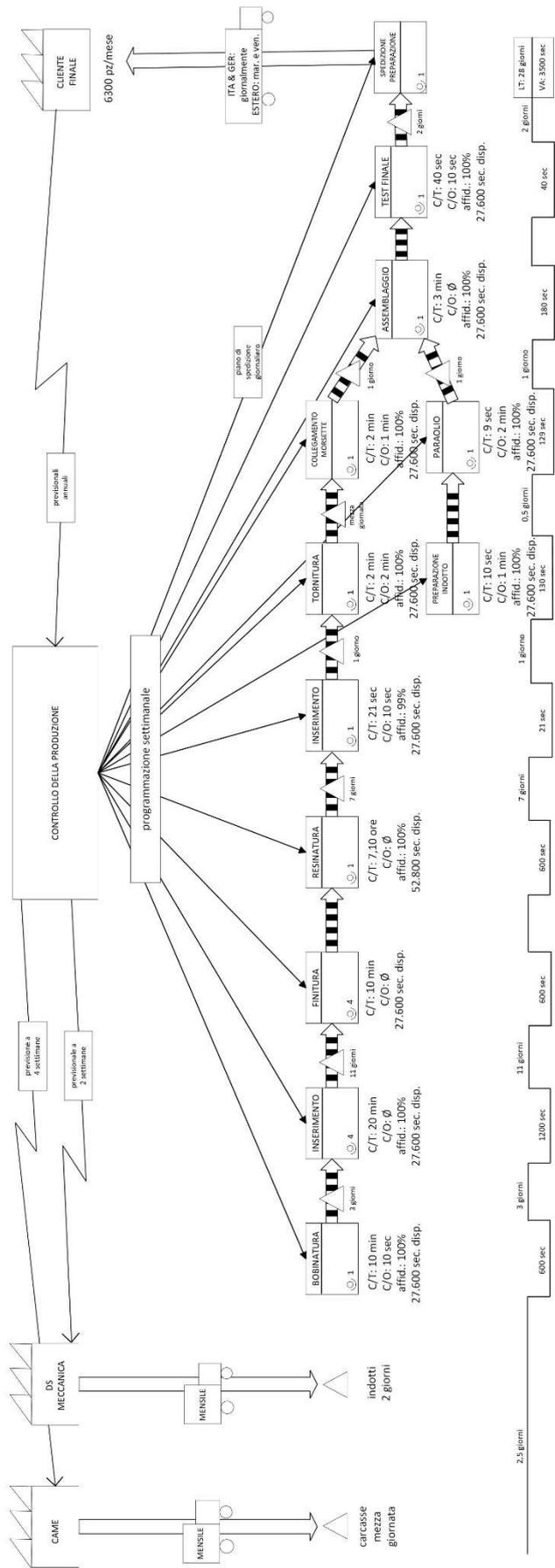


Figura 3: Current State Map

3.4 FUTURE STATE MAP

Per poter dare dei suggerimenti di miglioramento e creare la future state map, è necessario considerare alcuni principi Lean.

Il primo elemento da considerare è il Takt-Time, che indica la frequenza di produzione di una componente o un prodotto basato sul ritmo di vendita. Viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$\text{Takt-Time} = \frac{\text{tempo di lavoro disponibile per turno}}{\text{richieste del cliente per turno}}$$

Il Takt-Time della Moratto SRL è pari a 87,61 secondi.

$$\text{Takt-Time} = \frac{27.600 \text{ sec}}{315 \text{ pezzi}} = 87,61 \text{ secondi}$$

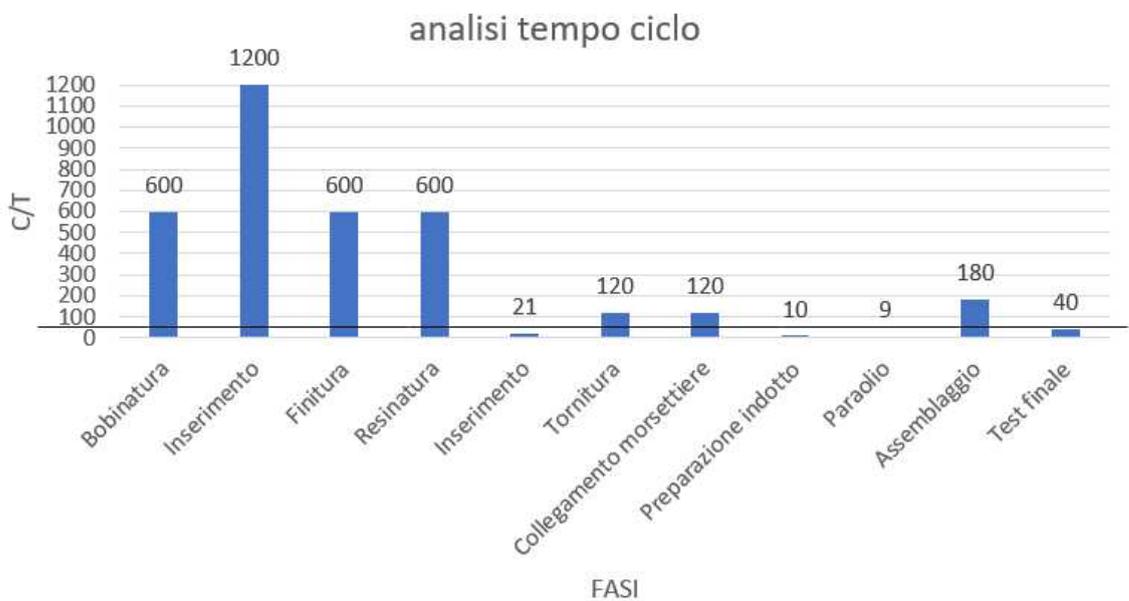


Figura 4: analisi dei tempi di ciclo di ciascuna fase

Il risultato ottenuto indica che il cliente sta acquistando un motore con ritmo di 87,61 secondi. Inoltre, denota che l'obiettivo per la produzione del prodotto finale è uno ogni 87,61 secondi. Confrontando il risultato ottenuto con i tempi di lavorazione di ciascuna fase, si può notare che la maggior parte delle fasi presenta dei tempi molto più lunghi perciò è necessario ottimizzarli. Nel grafico sottostante (Figura 4) è possibile avere una chiara rappresentazione della situazione (la linea nera rappresenta il Takt-Time).

Iniziando dalle fasi iniziali, ritengo che l'inserimento sia il primo vero stadio in cui viene elaborato il motore primordiale. Perciò, a differenza del sistema attuale in cui l'ordine di

produzione viene inviato alla bobinatura, a mio parere si dovrebbe iniziare la progettazione della produzione dalla fase dell'inserimento.

Per regolare e gestire la prima fase (bobinatura), è utile introdurre un pull supermarket che colleghi questo stadio all'inserimento delle matasse di rame. Cioè dovrebbero essere create delle scorte di bobine che si rigenereranno automaticamente ogni qualvolta verranno prelevate per la fase successiva. Poiché le bobine possono essere di dimensioni differenti, è utile fare un'analisi di quali grandezze vengono maggiormente utilizzate così da averle sempre a disposizione. Mentre, per quelle meno utilizzate verranno costituite delle scorte di minori volumi o verranno direttamente prodotte prima dell'inserimento in base alle richieste del cliente.

Per livellare il mix produttivo è opportuno rilasciare le quantità di lavoro alla fase di inserimento ogni 4 ore (cioè ogni 60 pezzi, il responsabile deciderà se continuare con la produzione della stessa tipologia di motore o variare la serie).

La seconda fase (inserimento) rappresenta un collo di bottiglia, in quanto richiede un tempo assai elevato per la lavorazione. Per evitare ritardi, sarebbe conveniente aggiungere almeno un'altra persona nell'inserimento manuale e utilizzare maggiormente i macchinari automatici. In questo modo in un'ora, non verranno prodotti solamente 12 pezzi, ma ne verranno prodotti 15. L'obiettivo è ridurre il tempo totale di lavorazione di 1000 secondi.

Il collegamento tra inserimento e finitura non può essere continuo, perciò sarebbe utile creare un sistema FIFO con un massimo di 15 pezzi all'ora. Così facendo, le due fasi lavoreranno più velocemente senza spreco di tempo.

Lo stesso sistema può essere applicato tra la finitura e la resinatura. I pezzi finiti, come già avviene, vengono portati presso i forni verso la fine della giornata così l'operatore ha il tempo di resinarli e inserirli nel forno per la notte.

Queste prime fasi presentano i processi di lavorazione con i tempi più estesi. Per questo motivo è utile creare delle scorte di prodotti semilavorati alla fine della fase resinatura. Le quantità di scorte verranno determinate attraverso un'analisi iniziale di quali modelli sono maggiormente richiesti dal cliente finale.

Il secondo ordine di produzione deve quindi essere mandato all'inserimento e alla preparazione dell'indotto.

Massimizzare il tempo tra le fasi di inserimento, tornitura, e collegamento delle morsettiere è molto difficile perché queste fasi richiedono un intervallo di tempo immutabile necessario al raffreddamento del motore.

La preparazione dell'indotto e paraolio vengono attualmente svolti dalla stessa persona. Questo sistema può perdurare poiché le fasi sono molto veloci. Però, per ottimizzare il processo, le macchine dovrebbero essere posizionate in prossimità così da ridurre gli sprechi di tempo per la movimentazione.

Una volta che le morsettiere sono state inserite e il paraolio posto all'esterno della flangia, il collegamento con la fase di assemblaggio deve operare come un sistema FIFO con un massimo di 21 pezzi. In questo modo, non si creeranno eccessive scorte tra una fase e l'altra e il processo risulterà più lineare.

L'assemblaggio del motore e test finale sono due fasi che attualmente vengono svolte dalla stessa persona. Per ridurre il tempo di lavorazione sarebbe opportuno introdurre una seconda persona e dividere quindi le due fasi. Sarebbe opportuno e conveniente ridurre il tempo di lavorazione di almeno 200 secondi.

Ultimato il test finale, il lotto di motori fabbricati è pronto per la spedizione nel giorno successivo. La programmazione delle spedizioni può essere effettuata ogni 2 giorni.

Per fronteggiare le oscillazioni del mercato, ritengo sia opportuno creare un piccolo magazzino di prodotti finiti. Le quantità di ciascuna serie verranno determinate proporzionalmente basandosi sulla domanda degli anni passati. Inoltre ritengo conveniente costituire un approvvigionamento di modelli i cui tempi di lavorazione sono complessi e lunghi.

Di seguito è riportato il future state map con le ottimizzazioni sopra esposte (Figura 5).

CONCLUSIONI

Il future state map rappresenta l'obiettivo che si vuole raggiungere. Per ottenere i vantaggi sopra descritti, è necessario predisporre un piano di attuazione. Oltre ciò, sono necessari elevati impieghi finanziari e lunghi tempi di riorganizzazione del lavoro.

L'introduzione di personale aggiuntivo rappresenta un investimento importante nel breve periodo ma, proprio grazie al contributo lavorativo supplementare, può portare a maggiori profitti nel futuro.

Inoltre, per valorizzare il lavoro svolto, è importante prendersi del tempo per attuare le modifiche nel breve periodo. È fondamentale mettere in atto i cambiamenti velocemente poiché il future state map deve essere continuamente aggiornato e rivisto al fine di ottenere incessanti benefici in misura maggiore.

Come emerso dai capitoli di questa tesi, l'organizzazione dei processi produttivi è molto importante perché consente di ridurre gli sprechi dei tempi di lavorazione dei prodotti, le scorte tra una fase e l'altra e i costi totali della produzione. Inoltre, grazie a una buona struttura produttiva, l'azienda può rispondere alle oscillazioni del mercato e avere tempi di consegna più brevi.

Concludo riportando un pensiero di due studiosi di management statunitensi: "il successo di un'azienda si esprime nella ricerca di una integrazione profonda ed efficiente delle attività svolte dalle diverse unità organizzative verso il miglioramento globale dell'offerta dei prodotti e dei servizi al cliente/utente. La capacità di raggiungere e sostenere nel tempo il successo richiede, pertanto, il miglioramento continuo di tutte le attività e di tutti i processi gestionali e non soltanto delle componenti materiali e tangibili del servizio che viene proposto al cliente" (Brimson e Antos, 1994).

BIBLIOGRAFIA

Amine Drira, Henri Pierreval, Sonia Hajri-Gabouj, 2007. "Facility layout problems: A survey". *Annual Reviews in Control*, 31(2), 255-267, doi: 10.1016/j.arcontrol.2007.04.001.

Annalisa Tunisini, Luca Ferrucci, Tonino Pencarelli, 2020, "Economia e management delle imprese. Strategie e strumenti per la competitività e la gestione aziendale", 2 ed., Milano: Ulrico Hoepli Editore S.p.A.

Brimson, J.A.; Antos, J., 1994, "Activity-Based Management for Service Industries, Government Entities, and Nonprofit Organizations", New York: John Wiley & Sons Inc.

Ceylan Cemil et al, 2022. "Process Analysis and Optimal Facility Layout Planning in Manufacturing Systems". *Yugoslav Journal of Operations Research*, 33 (1), 133-152, doi: 10.2298/YJOR2105015033C.

Fan Mo et al., 2023. "A framework for manufacturing system reconfiguration and optimisation utilising digital twins and modular artificial intelligence". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 82, doi: 10.1016/j.rcim.2022.102524.

Frank Bunker Gilbreth, Lillian Moller Gilbreth, 1921, "Process Charts", New York: The American Society of Mechanical Engineers.

Friedrich Morlock, Horst Meier, 2015. "Service Value Stream Mapping in Industrial Product-Service System Performance Management". *Procedia CIRP*, 30, 457-461, doi: 10.1016/j.procir.2015.02.128.

George Michalos et al., 2018. "Workplace analysis and design using virtual reality techniques". *CIRP Annals*, Volume 67(1), 141-144, doi: 10.1016/j.cirp.2018.04.120.

Jeyaraj, A., & Sauter, V. L., 2014. "Validation of Business Process Models using Swimlane Diagrams". *Journal of Information Technology Management*, 24 (4), 27-37.

Kemper, B., de Mast, J., & Madjes, M., 2010. "Modelling process flow using diagrams". *Quality and Reliability Engineering International*, 26 (4), 341-349, doi: 10.1002/qre.1061.

Mike Rother, John Shook, 2011, "Learning to see. La mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi", Cambridge: Learn Enterprise Institute.

Nigel Slack et al., 2019, "Gestione delle Operations e dei processi", 5 ed., Milano-Torino: Pearson Italia.

Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston, 2013, "Operations Management", 7 ed., Harlow: Pearson Education Limited.

RINGRAZIAMENTI

Prima di concludere questa tesi vorrei fare alcuni ringraziamenti alle persone più importanti della mia vita.

A me stessa, il grazie più grande perché nonostante i numerosi ostacoli, non ho mai mollato e sono andata avanti seguendo il mio obiettivo. Ho cominciato questo percorso in un momento difficile della mia vita, ma sono riuscita a completarlo felicemente. Perciò, devo essere fiera di me, degli sforzi che ho compiuto e della persona che sono diventata.

Alla mia famiglia per avermi supportata durante questi anni e per aver sopportato i miei sbalzi di umore.

A mamma, una leonessa, per avermi donato la determinazione che mi ha permesso di giungere alla fine di questo percorso. A te che mi hai insegnato a non arrendermi mai e continuare a lottare anche quando vedevo tutto nero.

A papà, una roccia, per avermi donato la forza per rialzarmi dopo ogni caduta. A te che sapevi aiutarmi quando avevo un ostacolo davanti perché forse vedevi in me una tua immagine.

Sono fiera di essere vostra figlia.

A mio fratello Luca, per avermi sempre suscitato il sorriso con delle battute divertenti quando ero triste. A te che se sei l'opposto di me ma ti voglio lo stesso tanto bene. Non vedo l'ora di condividere e condurre con te l'azienda di famiglia.

Al mio fidanzato Alberto che nonostante tutto, sei rimasto sempre al mio fianco. A te che hai sopportato ogni giorno le mie lamentele, preoccupazioni e pianti. A te che, anche quando non ci credevo più, mi ha spinto costantemente a dare il meglio. Ad ogni caduta, hai cercato di regalarmi un sorriso e mi hai incoraggiato a ricominciare. Sei riuscito a convincermi che valevo molto più di un voto negativo preso ad un esame e che nella vita vengono premiate le persone intraprendenti e volenterose.

Alla mia migliore amica Anna che, dopo 8 anni di amicizia, sei ancora qui per darmi una spalla su cui piangere e un abbraccio per rialzarmi ogni volta che ne ho bisogno. Con te sono cresciuta e maturata. Ti ringrazio per essere sempre rimasta al mio fianco sostenendomi e credendo in me costantemente.

Alla mia cara amica Alessia, per aver condiviso numerosi anni assieme fin dall'infanzia. Anche a distanza, siamo sempre riuscite a sostenerci nei momenti più difficili e condividere assieme ogni caduta e traguardo. Ti ringrazio per essere ancora qui.

Alle mie coinquiline, Anna, Francesca, Emma, Francesca, Annachiara, per avermi sopportata e supportata ogni giorno. La cosa più bella era tornare a casa la sera e sapere che, anche se avevo avuto una brutta giornata, potevate farmi stare meglio. Siete delle persone magnifiche.

A tutti i miei compagni di università che ho conosciuto pian piano negli anni e principalmente nell'ultimo. Siete entrati nel mio cuore in poco tempo, ma è bastato per rendervi indelebili. A voi che mi avete regalato i momenti più belli di questi anni, i pranzi in mensa, gli spritz a fine lezione e le serate a Padova. In particolare, Giada, Chiara, Francesca, Manuela, Sofia, Elena, con le quali ho condiviso ansie e preoccupazioni ma anche tanti sorrisi e risate. Vi ringrazio per aver chiarito i miei mille dubbi prima degli esami; siete state fondamentali. Senza di voi non sarei giunta così felicemente alla fine.

Ai collaboratori della Moratto SRL per la disponibilità a rispondere alle mie domande e dubbi, e per avermi dedicato del tempo.

Ringrazio il mio relatore Andrea Furlan per la dedizione, la disponibilità e la fiducia dimostrata; i suoi consigli sono stati una guida per la stesura di questa tesi.

Infine vorrei ringraziare anche tutte le altre persone che non ho citato, famigliari e amici, che mi sono state vicine in questi anni, credendo sempre in me. Ognuno di voi ha un posto nel mio cuore.