



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

**STUDIO E PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI UN IMPIANTO DI IMBALLAGGIO DI
ACCESSORI PER CHIUSURA**

STUDY AND PRELIMINARY DESIGN OF A PACKAGING DEPARTMENT FOR FASTENERS

Relatore: Chiar.mo

Prof. Massimo Callegari

Tesi di Laurea di:

Davide Gravina

A.A. 2019/2020

INDICE GENERALE

1. Introduzione: l'azienda ospitante	4
2. Scopo dell'attività di tirocinio	5
3. Analisi delle procedure di imballaggio nell'impianto preesistente	7
3.1. Introduzione: l'importanza di un impianto di imballaggio efficiente	7
3.2. Procedure di imballaggio nell'impianto preesistente	7
3.3. Tabelle attività imballaggio	8
3.4. Asservimento materiale tramite navette a guida automatica (AGV)	13
3.4.1. Assegnazione delle richieste di trasporto	14
3.4.2. Definizione del percorso	14
3.4.3. Gestione delle navette inattive	15
3.5. Controllo priorità	15
3.6. Controllo coerenza articolo - cartellino	15
3.7. Impostazione ricetta imballo	16
3.8. Controllo cambio articolo per mix	16
3.9. Caricamento impianto	17
3.10. Conteggio pezzi	17
3.11. Gestione avanzato	17
3.12. Pallettizzazione scatole imballate	18
3.13. Movimentazione pallet	18
3.14. Movimentazione casse vuote	18
4. Analisi dati di produzione dell'impianto preesistente	19
5. Messa a layout dei sistemi del nuovo impianto di imballaggio	23
5.1. Soluzione 1	25
5.2. Soluzione 2	27
5.3. Scelta del layout ottimale	27
6. Dimensionamento di alcuni componenti del nuovo impianto	29
6.1. Asse elettrico per il sistema di sollevamento delle cassette	29
6.2. Tramoggia della macchina contapezzi	31
7. Conclusioni	33
Riferimenti	34
Ringraziamenti	35

Ai miei genitori, che hanno creduto in me

*Ai miei colleghi in azienda, che hanno reso
indimenticabile la mia esperienza di tirocinio*

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE: L'AZIENDA OSPITANTE

Al termine del terzo anno del corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica è previsto lo svolgimento di un'attività di tirocinio di 150 ore in Ateneo o presso un'azienda convenzionata con l'università, in cui si affronta una tematica tipica del proprio corso di studi. È stato deciso di condurre quest'attività formativa presso un'impresa esterna, per comprendere bene le mansioni tipiche di un ingegnere impiegato nel settore industriale metalmeccanico, e per mettere a disposizione le conoscenze ottenute durante i tre anni di corso al fine di collaborare a un progetto industriale. Pertanto, il tirocinio previsto dal piano di studi è stato svolto presso l'azienda YKK Mediterraneo S.p.A. ubicata nella zona industriale "Campolungo" di Ascoli Piceno (AP).

YKK [1] è una multinazionale giapponese fondata da Tadao Yoshida nel 1934 con sede a Kurobe, Giappone, la cui struttura manageriale è articolata in sei aree geografiche:

1. Giappone;
2. Cina;
3. Asia;
4. Europa, Medio Oriente e Africa (EMEA);
5. Nord e Centro America;
6. Sudamerica.

Il core business del gruppo è rappresentato dal settore degli accessori per chiusura; altri ambiti in cui esso è attivo sono: la produzione di articoli per l'edilizia, l'engineering, l'agricoltura, l'allevamento, l'optoelettronica.

YKK Italia S.p.A. è stata fondata nel 1968; la sua attività è concentrata in quattro settori:

1. Zipper (produzione di chiusure lampo e loro componentistica);
2. Textile and Plastic (realizzazione di nastri a strappo, cordoncini, elastici, fibbie, ferma corda, passanti);
3. Snap and Buttons (fabbricazione di bottoni e rivetti jeans, bottoni a pressione, occhielli, minuterie metalliche in genere);
4. FTS o Field Technical Service (noleggio di macchine di lavorazione per l'applicazione o la trasformazione dei prodotti con elevata efficienza).

Sono presenti diverse unità operative sul territorio nazionale:

- Prarolo (VC), dove vengono prodotte le chiusure lampo;
- Ascoli Piceno (AP), dove vengono realizzati cursori, galvaniche, minuterie metalliche e bottoni a pressione.

La sede centrale si trova a Pero (MI).

Per quanto concerne l'unità produttiva nella regione Marche, essa vende i suoi prodotti prevalentemente alle aziende YKK consociate dell'area EMEA. La tipologia di impresa, usando la terminologia economica, può essere considerata wholesale: l'attività produttiva di YKK Mediterraneo S.p.A., ossia, è "business to business", non è orientata alla vendita ai clienti finali, bensì alla commercializzazione dei suoi articoli ad altre imprese. Il codice ATECO dell'azienda [2] è 32.99.2, che corrisponde al settore della fabbricazione di ombrelli, bottoni, chiusure lampo, parrucche e affini.

CAPITOLO 2

SCOPO DELL'ATTIVITA' DI TIROCINIO

L'attività di tirocinio si è incentrata sullo studio e sulla progettazione meccanica preliminare di un nuovo impianto di imballaggio, collegato ad un magazzino automatico. Il tirocinante è stato impiegato nel reparto aziendale "Maintenance and Engineering", che si occupa di pianificare e sovrintendere alla manutenzione degli impianti e dei macchinari presenti nel sito produttivo, e di implementare i progetti volti a migliorare i processi di trasformazione delle materie prime all'interno dello stabilimento.

Durante il periodo di presenza in azienda, è stata fornita collaborazione al rinnovamento dell'area imballaggio. L'impianto preesistente, infatti, necessitava di un ammodernamento, con lo scopo di aumentare la produttività, nonché di ottimizzare i tempi di completamento delle attività del reparto. Ovviamente, la realizzazione del progetto non poteva prescindere da una valutazione economica preliminare, indispensabile per verificare la reale convenienza dell'investimento che l'impresa avrebbe dovuto sostenere per sostituire il vecchio impianto con uno più moderno. Pur avendo conoscenze limitate di analisi economica degli investimenti nel periodo di svolgimento del tirocinio, si è cercato di partecipare attivamente anche a questa fase. Chiaramente non sono state svolte mansioni caratteristiche dell'ingegneria economico – gestionale, come il calcolo del tasso di interesse passivo, o la determinazione delle annualità; non era questo l'obiettivo principale del tirocinio, né si avevano le competenze adatte. Sono stati condotti, piuttosto, alcuni semplici calcoli su fogli elettronici per verificare l'esistenza di una effettiva riduzione dei costi da sostenere nel nuovo impianto nelle sue condizioni di esercizio. Per completare al meglio questo compito, sono state chieste informazioni all'ufficio acquisti dell'azienda.

Come già riportato in precedenza, tuttavia, l'attività lavorativa all'interno di YKK Mediterraneo si è orientata soprattutto su questioni tecniche; durante il mese trascorso in azienda sono stati affrontati aspetti tipici della realizzazione di un progetto industriale. Nello specifico, le principali mansioni e responsabilità consistevano, oltre all'analisi dei dati relativi alla produzione nel vecchio impianto e alla valutazione dei vantaggi economici apportati all'impresa dalla nuova unità produttiva, nella messa a layout dei vari sistemi del nuovo impianto di imballaggio e nel dimensionamento di alcuni dei suoi componenti più importanti.

Durante il tirocinio, quindi, sono state approfondite le problematiche concernenti la produzione industriale, e la progettazione di componenti. Si è visto, ad esempio, che nella definizione del layout di un impianto meccanico deve essere tenuta in considerazione una grande quantità di aspetti, riguardanti attività operative e attività di servizio. Quest'esperienza, però, non è stata utile solo per l'ottenimento di conoscenze e per lo sviluppo di competenze relative alla progettazione di un impianto industriale, ma anche per l'acquisizione di nozioni su alcune tecnologie di automazione industriale, come l'impiego di veicoli a guida autonoma per la movimentazione del materiale e le macchine contapezzi automatiche, che consentono di ottimizzare i tempi di completamento dello imballaggio dei prodotti.

Per l'attività di tirocinio sono stati usati strumenti informatici tipici della pratica ingegneristica: l'analisi dei dati è stata effettuata tramite Microsoft Excel 2019; per la messa a layout e per il dimensionamento di alcuni componenti dell'impianto è stato utilizzato il software CAD Solid Edge 2020. Il luogo di lavoro era variabile, a seconda dei compiti da svolgere: il lavoro di ufficio, che consisteva nell'analisi dati e nel disegno assistito dal calcolatore, veniva alternato alla presenza nello stabilimento di produzione, dove venivano chieste informazioni ai responsabili di reparto e agli

addetti ai lavori circa i processi produttivi, in modo da avere una completa visione del problema da affrontare e proporre soluzioni funzionali per il nuovo impianto di imballaggio. Si è avuto modo di comprendere, pertanto, che le capacità comunicative e relazionali rivestono grande importanza nell'attività lavorativa di un ingegnere, al pari delle conoscenze tecniche. Per sviluppare un progetto, infatti, è opportuno ascoltare le opinioni di chi ha acquisito esperienza sul campo, in modo da trovare soluzioni adatte.

CAPITOLO 3

ANALISI DELLE PROCEDURE DI IMBALLAGGIO NELL'IMPIANTO PREESISTENTE

3.1

Introduzione: l'importanza di un impianto di imballaggio efficiente

Per ogni impresa è molto importante disporre di procedure di imballaggio efficienti: queste, infatti, costituiscono l'ultima fase del processo di realizzazione di un determinato prodotto. È fondamentale, perciò, che la produttività sia elevata, senza trascurare le norme sulla sicurezza dei lavoratori. Il reparto imballaggio, inoltre, è il luogo in cui vengono condotti i controlli finali di qualità sugli articoli che andranno spediti. Le caratteristiche che deve avere un buon impianto di imballaggio, dunque, sono identificabili in:

- Capacità di stabilire le priorità;
- Capacità di controllo di coerenza dell'articolo fabbricato con l'ordine;
- Attuazione di procedure che rispettino gli standard di qualità previsti;
- Velocità;
- Disposizione dei sistemi in modo da minimizzare gli ingombri e facilitare la manutenzione;
- Rispetto delle norme sulla sicurezza dei lavoratori;
- Gestione efficiente degli articoli avanzati.

Uno dei problemi più rilevanti nella progettazione di impianti di confezionamento è il contenimento degli ingombri: le linee di imballaggio, infatti, occupano una cospicua superficie di stabilimento. Alla presenza dei macchinari si aggiunge quella del magazzino per lo stoccaggio degli avanzati, nonché quella di un box per effettuare il controllo qualità. Da alcuni anni, per organizzare al meglio lo spazio disponibile, i magazzini tradizionali, costituiti da scaffalature metalliche dimensionate per accogliere i pallet con gli articoli avanzati, vengono sempre più spesso sostituiti da magazzini automatici, i quali si sviluppano in verticale, rendendo così possibile guadagnare diverse decine di metri quadri all'interno del capannone industriale. L'azienda YKK non fa eccezione, poiché ha deciso di adottare un magazzino automatico per lo stoccaggio dei prodotti.

Per quanto concerne il controllo qualità, di solito è una procedura svolta in ingresso alla linea: si effettua un controllo a campione in cui si verifica che la massa degli articoli rientri nell'intervallo di compatibilità stabilito dal laboratorio, al fine di determinare il numero di pezzi da imballare. Questa procedura è resa più snella da opportune macchine contapezzi automatiche. Come si vedrà più avanti nella trattazione (cfr. 3.10), l'impiego di una macchina contapezzi in una linea di confezionamento presenta notevoli vantaggi dal punto di vista del tempo di esecuzione delle attività.

3.2

Procedure di imballaggio nell'impianto preesistente

All'interno dello stabilimento di YKK Mediterraneo S.p.A. vengono imballati cursori, minuterie metalliche, galvaniche e bottoni, sfruttando cinque linee distinte, una delle quali dedicata esclusivamente ai bottoni. Tre di esse svolgono anche altre operazioni. Si pone subito un problema di logistica interna: le scatole di cartone, una volta imballate, devono essere movimentate verso l'area spedizioni o il magazzino dei prodotti finiti, con conseguente perdita di tempo da parte degli addetti alle linee i quali, dovendo compiere degli spostamenti, sono costretti ad abbandonare

momentaneamente le mansioni da completare sulle loro stazioni produttive. Per evitare eccessive perdite di tempo sulla linea, un operatore esterno preleva i pacchi contenenti gli articoli, ma chiaramente la persona incaricata non è sempre disponibile.

A causa di questa organizzazione del lavoro, quindi, capita spesso che i pacchi imballati stazionino per diverso tempo, fino ad alcune ore, alla fine di una certa linea, prima di essere movimentati. L'idea di fondo del progetto è, dunque, spostare le procedure di imballaggio su un unico impianto, che sarà asservito tramite navette a guida automatica, identificate dall'acronimo AGV (Automated Guided Vehicle). Si vuole adottare, inoltre, una macchina contapezzi automatica per determinare più velocemente la quantità di prodotti da imballare. Si specifica che il progetto del nuovo impianto non comporta una riduzione del personale nello stabilimento, bensì vuole ottimizzare i processi produttivi rendendo più snelle le procedure di imballaggio, spostandole su un'unica unità. Si è scritto in precedenza che, in tre casi su cinque, l'imballaggio non è l'unica attività che gli operai devono portare a termine. Le persone impiegate nelle altre due linee, inoltre, svolgeranno compiti simili a quelli che completavano nel vecchio impianto.

Un'altra criticità emersa dai colloqui con i lavoratori nell'impianto è che i pallet stazionano per diversi giorni nell'area spedizioni prima di essere inviati al cliente. Manca, insomma, una pianificazione della produzione coordinata con il piano di spedizione settimanale. Nel nuovo impianto si vuole eliminare questo difetto, perciò l'asservimento di materiale alle linee sarà effettuato tenendo conto del piano di spedizione settimanale. In questo modo le priorità verranno stabilite in modo corretto e si eviterà che i pallet rimangano fermi per troppo tempo, occupando area di stabilimento e intralciando il lavoro degli operatori.

3.3

Tabelle attività imballaggio

La prima fase dell'attività di tirocinio è consistita nel colloquio con i vari operatori sulle mansioni svolte su ogni linea, al fine di stimarne il tempo di completamento e di individuare i fattori causanti le perdite di tempo. Nelle seguenti pagine sono riportate le tabelle delle attività di ciascun reparto e i diagrammi di flusso delle attività. Lo strumento del diagramma di flusso è molto utile per evidenziare quali sono le maggiori cause di perdite di tempo.

IMBALLAGGIO CT	
Attività	Tempo (min)
Prelievo cassetta	10
Preparazione pacco	25
Completamento cartellino	125
Posizionamento etichetta e timbro	25
Caricamento pacchi sul carrello	10
Movimentazione pacchi	10

IMBALLAGGIO BOTTONI	
Attività	Tempo (min)
Controllo visivo	100
Controllo telecamera	135
Controllo in rulliera	100
Imballaggio	45
Movimentazione	5

IMBALLAGGIO AUTOSTORE	
Attività	Tempo (min)
Scarico materiale	20
Movimentazione materiale non controllato Italia	40
Misurazione peso unitario	40
Imballaggio	60
Pallettizzazione	40
Movimentazione pallet	5

IMBALLAGGIO AUTOMATICO	
Attività	Tempo (min)
Avvio e spegnimento impianto	75
Controllo priorità	30
Controllo coerenza articolo cartellino	20
Misurazione peso unitario	60
Impostazione ricetta imballo	60
Controllo cambio articolo per mix	150
Caricamento impianto	60
Gestione avanzato	30
Pallettizzazione scatole imballate	150
Creazione lista pallet per cliente o 841 (magazzino)	90
Movimentazione pallet	60
Movimentazione casse vuote	40

IMBALLAGGIO MANUALE	
Attività	Tempo (min)
Controllo priorità	45
Controllo coerenza articolo cartellino	60
Misurazione peso unitario	120
Caricamento nastro e imballaggio	350
Gestione avanzato	150
Pallettizzazione scatole imballate	60
Movimentazione pallet	45
Movimentazione casse vuote	20
Gestione manuale eccezioni	350

Tabella 1: attività impianto di imballaggio e tempi di completamento, calcolati in minuti/giorno

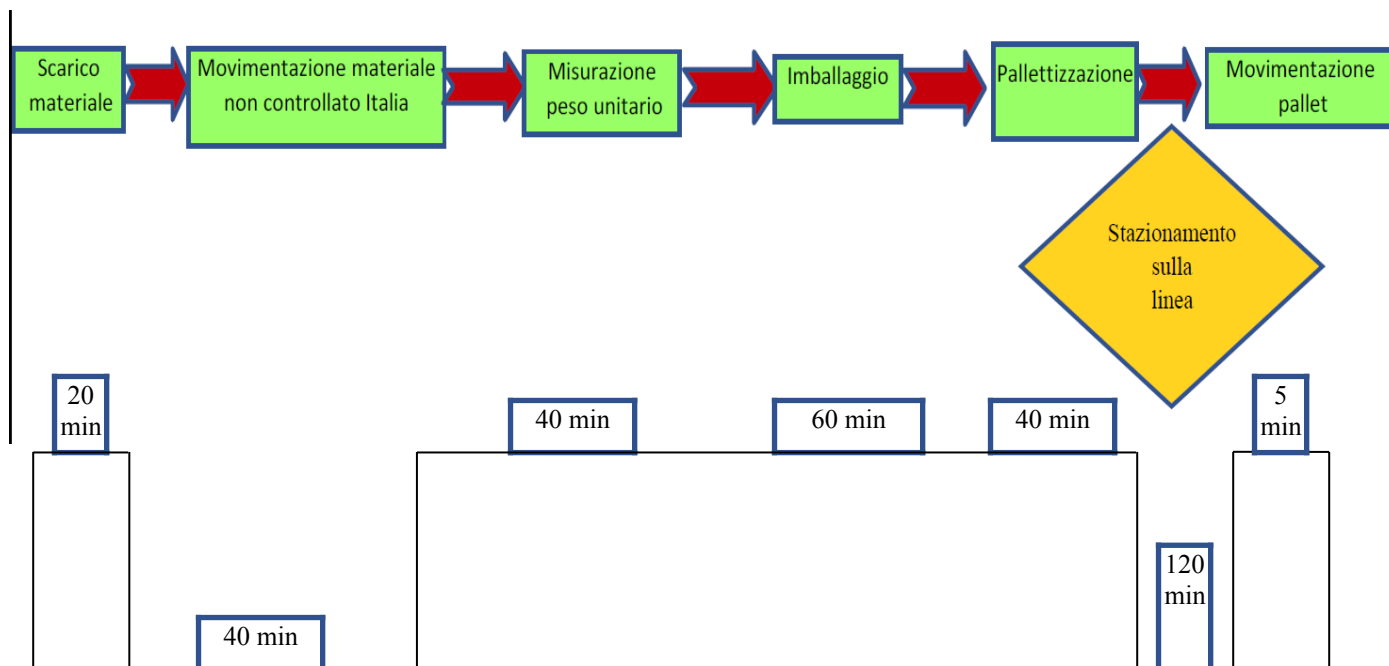


Diagramma 1: attività nel reparto autostore. Tempi stimati in minuti/giorno

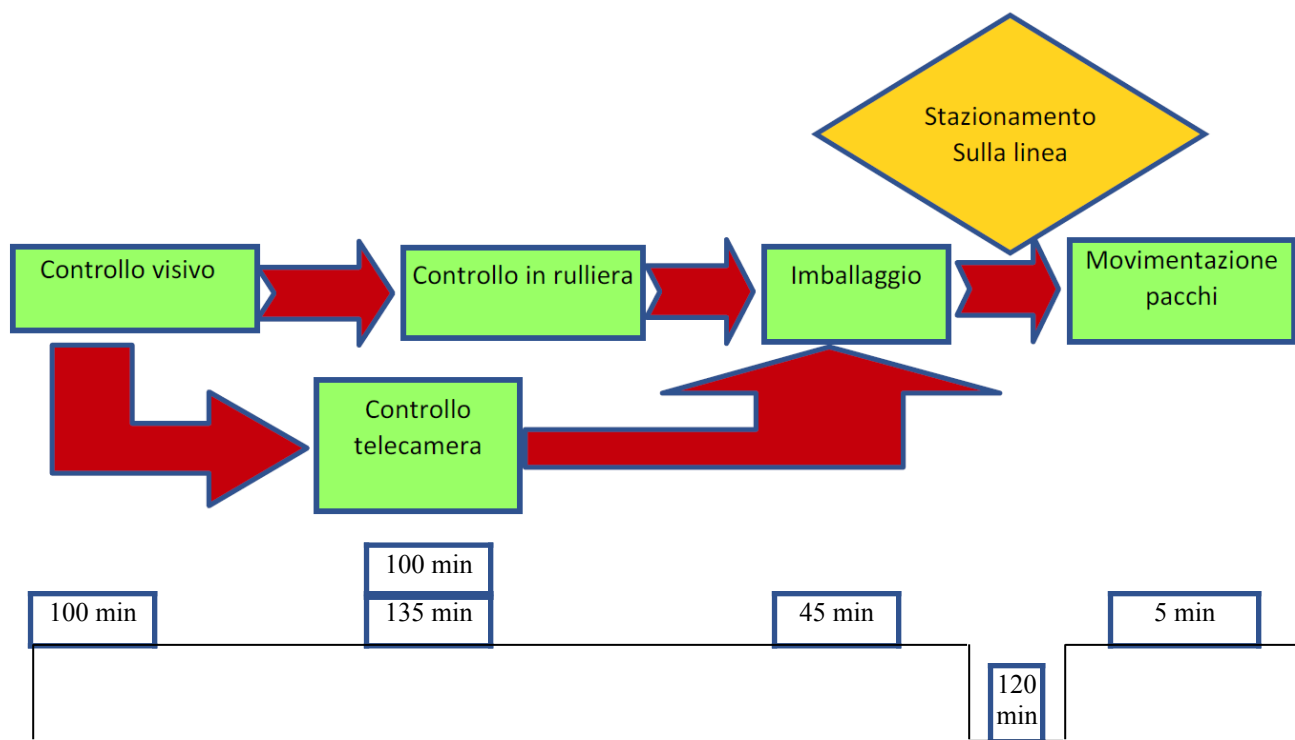


Diagramma 2: attività nell'imballaggio bottoni. Tempi stimati in minuti/giorno

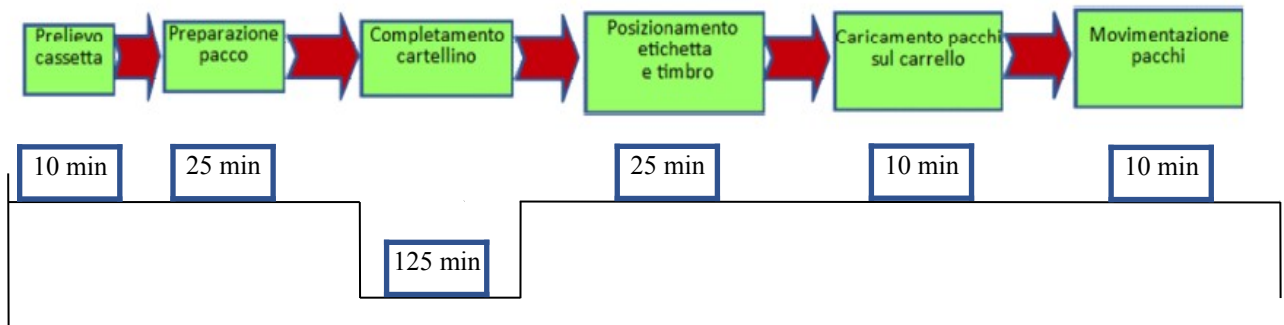


Diagramma 3: attività nell'imballaggio CT. Tempi stimati in minuti/giorno

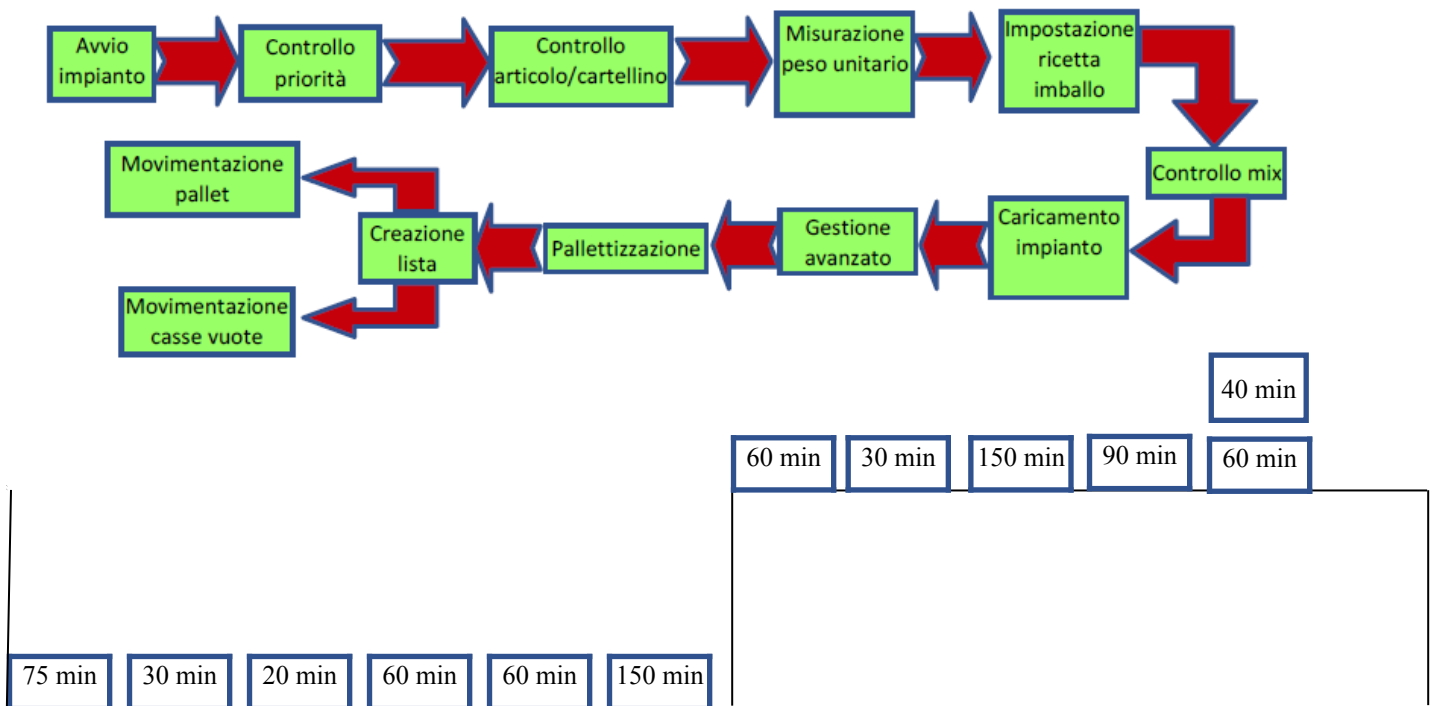


Diagramma 4: attività nell'imballaggio automatico. Tempi stimati in minuti/giorno

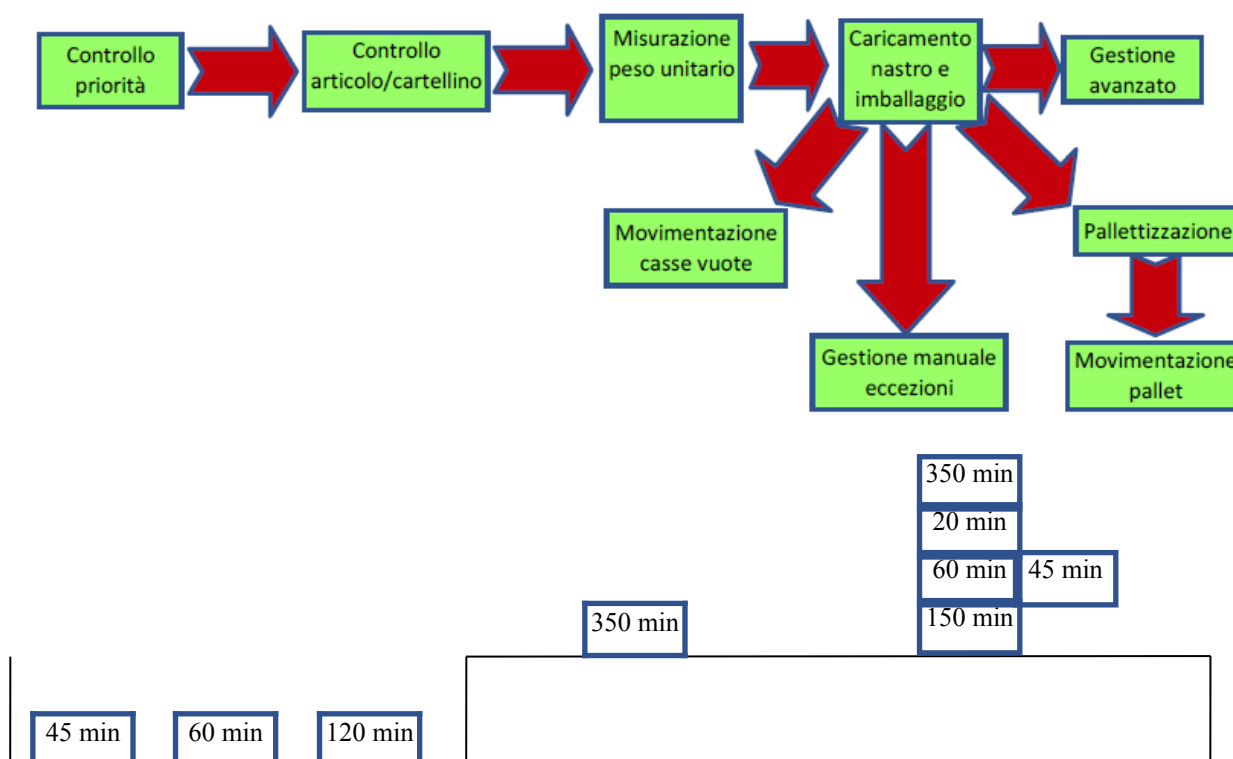


Diagramma 5: attività nell'imballaggio manuale. Tempi stimati in minuti/giorno

Occorre inserire una nota chiarificatrice sui tempi di completamento delle attività: sembrerebbe che per le linee di imballaggio CT e Autostore le stime siano completamente sbagliate, perché la somma dei tempi è ben lontana dalla durata di un turno di lavoro. Ciò si spiega considerando che su queste linee vengono svolte altre mansioni, oltre a quelle di confezionamento prodotti. Non è possibile entrare più nel dettaglio per questioni di segreto industriale e perché si esulerebbe dallo scopo di questo elaborato scritto.

I diagrammi di flusso mettono in evidenza, per ciascuna linea, dove si verifica la maggiore perdita di tempo: sulla linea dei tempi ci sono due diverse posizioni. La posizione "up" rappresenta un'attività produttiva, mentre la posizione "down" corrisponde ad una perdita di tempo. Quindi, si vede che nell'imballaggio CT la maggiore causa di inattività è l'operazione denominata "completamento cartellino": in questa fase l'addetto porta la bolla di lavorazione verso una postazione informatica e la inserisce nel sistema informativo aziendale. Analizzando l'imballaggio autostore, invece, si evince che il problema principale risiede nella mansione "Movimentazione materiale non controllato Italia": non è possibile scendere nei particolari, perché si dovrebbero descrivere alcune procedure di controllo qualità e di gestione della produzione vincolate da segreto industriale. Quanto all'imballaggio bottoni, invece, la criticità è rappresentata dallo stazionamento delle scatole confezionate alla fine della linea. Non è una perdita di tempo diretta, perché gli addetti non interrompono la loro attività produttiva, nondimeno ci sono alcuni effetti non desiderati, in particolare la diminuzione di spazio disponibile. Si vuole precisare, però, che non si scende mai al di sotto dei livelli di spazio raccomandati dal Testo Unico per la Sicurezza dei Lavoratori, il D.Lgs 81/2008. YKK infatti è molto attenta alla prevenzione di infortuni e malattie professionali e attua tutte le misure necessarie per far lavorare gli impiegati in sicurezza. Nell'imballaggio automatico si rileva un tempo molto lungo che precede l'impiego vero e

proprio della linea: le attività che vanno dall'avvio dell'impianto al controllo della formazione dei mix sono, infatti, delle mansioni di servizio, svolte manualmente. Il progetto della nuova linea di imballaggio prevede l'automazione o l'eliminazione di alcune di queste fasi, al fine di aumentare il tempo di effettivo utilizzo dell'unità produttiva, incrementando, in questo modo, la produttività. Nell'imballaggio manuale si ravvisa una criticità analoga a quella dell'imballaggio automatico. Dalle tabelle precedenti si evidenzia una notevole diversità nelle operazioni condotte sulle linee di imballaggio. Il nuovo impianto, che dovrebbe ottimizzare le procedure di confezionamento dei prodotti, verrà collocato dove sorge l'attuale linea imballaggio automatico. Esso sarà asservito dalle navette a guida automatica; in esso si svolgeranno attività simili a quelle dell'impianto vecchio, tuttavia verranno apportati alcuni cambiamenti significativi:

1. L'asservimento di materiale verrà svolto da veicoli AGV;
2. Verrà eliminata la misurazione del peso unitario.

La seguente tabella mostra nel dettaglio le operazioni che avranno luogo nel nuovo impianto:

Asservimento materiale
Controllo priorità
Controllo coerenza articolo cartellino
Impostazione ricetta imballo
Controllo cambio articolo per mix
Caricamento impianto
Conteggio pezzi
Gestione avanzato
Pallettizzazione scatole imballate
Movimentazione pallet
Movimentazione casse vuote

Tabella 2: attività del nuovo impianto di imballaggio

I seguenti paragrafi illustrano più nel dettaglio come verranno svolte le mansioni sulla linea. Essi hanno lo scopo di descrivere le attività da completare; per capire come verrà organizzato il layout dell'impianto, invece, si rimanda ai paragrafi 5.1 e 5.2.

3.4

Asservimento materiale tramite navette a guida automatica (AGV)

L'acronimo AGV sta per "Automated Guided Vehicle", ossia veicoli a guida automatizzata. Si tratta di sistemi largamente usati negli stabilimenti di produzione industriale in quanto sono in grado di movimentare materiale senza l'ausilio di un operatore. Le principali tecnologie con cui le navette a guida automatica funzionano sono:

- Guida a filo: questo principio veniva sfruttato nei primi modelli di veicoli a guida autonoma. Si chiama così perché un filo di materiale conduttore veniva fissato sulla superficie inferiore della navetta. Il campo elettrico generato dal filo interagiva con un cavo elettrico installato sotto il pavimento, alimentato con una tensione alternata a una certa frequenza f . La molteplicità di percorsi del veicolo veniva ottenuta collocando una serie di cavi con un voltaggio di frequenza

diversa. Questa tecnologia rendeva complicata una eventuale variazione dei cammini percorribili dalla navetta, in quanto bisognava procedere, ogni volta, al posizionamento di nuovi cavi sotto il pavimento;

- Magneti: questa soluzione prevede che alcuni magneti vengano installati lungo il percorso della navetta. La posizione viene individuata combinando le polarità delle calamite. Il funzionamento presenta delle similarità con la guida a filo, con il vantaggio di un intervento meno invasivo sulla pavimentazione.
- Tecnologia ottica: essa consiste nel posizionamento di bande colorate nello stabilimento. Il sistema ottico del veicolo riconosce i diversi colori e imbocca un determinato percorso. Chiaramente la tecnologia ottica poco si addice ad ambienti di fabbrica polverosi;
- Triangolazione laser: le navette che sfruttano questa tecnologia vengono denominate, più propriamente, LGV (Laser Guided Vehicle). La testa del carrello automatico emette un fascio di luce laser che colpisce dei catarifrangenti posti lungo il percorso. I catarifrangenti riflettono il fascio di luce, in modo che il veicolo possa determinare la direzione di provenienza della luce stessa. Si intuisce che dalla riflessione di tre catarifrangenti non allineati il sistema è in grado di determinare univocamente la sua posizione.

Si è deciso di optare per le navette a tecnologia laser, in quanto non richiedono il montaggio di sistemi a pavimento e sono adatte ad ambienti polverosi.

Qualsiasi sistema AGV [3] necessita di tre operazioni fondamentali per un corretto funzionamento e una gestione efficiente: assegnazione delle richieste di trasporto, definizione del percorso, gestione dei veicoli inattivi.

3.4.1

Assegnazione delle richieste di trasporto

Alla navetta AGV viene affidato il compito di trasportare e depositare il materiale in un determinato luogo dello stabilimento. Bisogna decidere, innanzitutto, quale AGV deve eseguire l'operazione; è fondamentale, perciò, tenere traccia degli spostamenti di tutte le navette dello stabilimento, al fine di determinare quale veicolo è libero quando bisogna assegnare la mansione di trasporto di materiale. Questa fase di gestione dei veicoli a guida automatica è tutt'altro che banale: è importante, infatti, minimizzare i tempi di movimentazione delle navette vuote, per limitare i costi che l'azienda deve sostenere.

3.4.2

Definizione del percorso

L'assegnazione di un determinato percorso alla navetta AGV (tecnicamente, routing) viene fatta sfruttando degli algoritmi matematici. L'analisi preliminare viene svolta considerando un singolo veicolo, senza tenere conto degli altri. L'algoritmo sceglie il percorso più breve tra la stazione di prelievo e quella di deposito.

3.4.3

Gestione delle navette inattive

Un veicolo AGV si definisce inattivo quando ha completato il suo compito di movimentazione del materiale e non riceve subito una nuova mansione da completare. È molto importante, dunque, per la corretta gestione di questi sistemi, predisporre un'area per il collocamento delle navette vuote. La scelta dello spazio di stabilimento va fatta, possibilmente, in modo tale che i veicoli possano rispondere nel modo più efficiente possibile a una nuova richiesta di trasporto. Si intende dire che bisogna minimizzare il tempo in cui la navetta rimane inutilizzata, per il discorso di contenimento dei costi accennato in precedenza. Perciò, risulta più conveniente scegliere diverse zone di stabilimento per lo stazionamento dei veicoli vuoti, di solito in numero pari al numero di AGV utilizzati. Ogni volta che una navetta diventa inattiva, un algoritmo assegna ad essa la stazione più vicina, al fine di abbattere i tempi (e i costi) di gestione dei veicoli inattivi. Quest'impostazione porta il vantaggio di ridurre il traffico veicolare all'interno dello stabilimento. Può presentarsi tuttavia l'eventualità che una certa stazione per l'AGV inattiva si trovi lungo il percorso delle navette, a causa della scarsità di spazio libero nel capannone industriale. Nel caso in cui una navetta inattiva impedisca il movimento di un'altra, essa dovrà spostarsi verso un'altra stazione.

Per quanto riguarda il loro impiego all'interno dello stabilimento di YKK Mediterraneo, le navette AGV preleveranno le cassette con gli articoli prodotti e le trasporteranno al reparto imballaggio.

3.5

Controllo priorità

Al fine di migliorare l'efficienza del processo di confezionamento dei prodotti, si è pensato di stabilire le priorità in base al piano di spedizione settimanale. Probabilmente ciò non fornirà un contributo alla riduzione del tempo di completamento di questa mansione, tuttavia eliminerà l'inconveniente dei pallet che stazionano alla fine della linea in attesa di essere caricati. Pianificando le attività di imballaggio coerentemente con il piano di spedizione settimanale, infatti, non capiterà mai che il pallet rimanga per più di un giorno a valle dell'impianto. L'operazione rimarrà manuale, sia perché non si è riusciti a pensare a un modo fattibile per la sua automazione, sia perché è richiesta, comunque, una certa flessibilità: può succedere che il piano di spedizione settimanale subisca leggere variazioni per l'arrivo di ordini urgenti.

3.6

Controllo coerenza articolo – cartellino

Questa mansione consiste essenzialmente nella verifica che l'articolo presente nella cassetta coincida con il cartellino di produzione al suo interno. Può capitare, a volte, che per errore di un operatore il prodotto non sia corrispondente a quanto indicato sulla bolla di lavorazione. Anche in questo caso, si è scelto di evitare l'automazione di questa attività per impossibilità di disporre di un sistema automatico adeguato.

3.7

Impostazione ricetta imballo

Nell'attuale impianto di imballaggio gli articoli vengono inseriti in una busta di polietilene, le cui dimensioni sono standard, per cui viene usata una quantità di materie plastiche da imballaggio superiore a quella necessaria. Si è pensato, in una prima analisi, di eliminare completamente il polietilene, in un'ottica di salvaguardia dell'ambiente. Tuttavia, ciò non è possibile, per due motivi: l'imballaggio diretto nella scatola di cartone comporta il rischio di caduta a terra dei prodotti; inoltre, alcuni ordini vengono spediti via nave, per cui si rende necessaria una protezione supplementare contro la corrosione, data dalla busta di plastica. Nonostante non sia possibile fare a meno delle materie plastiche da imballaggio, si potrà, comunque, limitare al minimo indispensabile il loro sfruttamento. Nel nuovo impianto di confezionamento, infatti, sarà presente una macchina imbustatrice che permetterà di regolare la dimensione della busta sulla base del numero di pezzi. L'unità imbustatrice sarà ubicata sotto l'unità contapezzi, per cui gli articoli verranno contati e, subito dopo, imbustati.

3.8

Controllo cambio articolo per mix

Analizzando le tabelle delle attività dell'attuale linea di imballaggio automatico, si vede che la principale causa di perdita di tempo è rappresentata dall'operazione "controllo cambio articolo per mix", la quale consiste nel controllo visivo da parte dell'operatore sull'effettivo svuotamento della tramoggia in cui vengono versati i prodotti. Le tramogge industriali, infatti, contengono sul fondo un vibratore, che oscilla ad una determinata frequenza. Date le ridotte dimensioni degli articoli da imballare, può capitare che alcuni di essi rimangano intrappolati all'interno della tramoggia, per poi finire, successivamente, in una scatola destinata a contenere articoli diversi. Questo inconveniente costituisce, chiaramente, una fonte di reclamo da parte dei clienti. Si è cercato, quindi, di trovare una soluzione a questo problema: inizialmente è stato proposto di usare per la tramoggia un materiale trasparente alternativo all'acciaio, in modo da rendere possibile l'operazione di controllo senza dover salire in cima alla macchina. Purtroppo, però, si è reso necessario scartare tutti i materiali polimerici trasparenti tradizionali, come il polimetilmetacrilato (PMMA), in quanto meno duttili dell'acciaio e, soprattutto, assolutamente inadeguati a sopportare le vibrazioni generate dal vibratore. Quest'ultimo aspetto viene subito messo in evidenza dalla notevole differenza, quantificabile generalmente in un ordine di grandezza, fra la tensione di rottura dell'acciaio e quella delle materie plastiche. Esistono, nondimeno, alcuni materiali ceramici [4] trasparenti e con una resistenza meccanica simile ai materiali metallici, come l'alluminato di magnesio (nome commerciale: Spinel), la cui produzione viene realizzata con la tecnica di additive manufacturing di sinterizzazione. Anche questo materiale, tuttavia, è stato scartato, in quanto il suo prezzo di acquisto è troppo alto. Si è deciso, dunque, di mantenere la tramoggia d'acciaio, considerando che la perdita di tempo derivante dal suo controllo sarà minore nel nuovo impianto, poiché la macchina contapezzi occuperà due metri in altezza, tramoggia compresa, mentre l'attuale macchinario per l'imballaggio è alto circa quattro metri.

3.9

Caricamento impianto

Non c'è molto da scrivere riguardo a questa attività: una volta stabilite le priorità e controllato che la tramoggia della macchina contapezzi sia effettivamente vuota, un addetto prenderà le cassette impilate e le posizionerà sulla rulliera d'ingresso della linea. L'operazione, perciò, non subisce grossi cambiamenti nella nuova unità di confezionamento dei prodotti.

3.10

Conteggio pezzi

Nell'impianto di imballaggio attualmente in uso, una fase molto importante e delicata è rappresentata dalla misurazione del peso unitario. Con l'espressione "peso unitario" si definisce la massa del singolo articolo. Si distinguono peso unitario teorico e peso unitario reale: il primo si riferisce alla massa di un campione grezzo ed è un valore tabulato; il secondo rappresenta la massa effettiva dell'articolo che ha subito trattamenti di verniciatura o galvanici. Affinché il prodotto possa essere giudicato idoneo per l'imballaggio, il peso unitario reale, misurato con una bilancia da laboratorio, deve essere compatibile con il peso unitario teorico. Si capisce come tale operazione venga svolta manualmente da un operatore che preleva alcuni campioni e ne misura la massa. Poiché la misurazione del peso unitario provoca una consistente perdita di tempo (circa 60 minuti, secondo la tabella del paragrafo 3.3), essa verrà sostituita sfruttando una macchina contapezzi automatica. Ne esistono diverse tipologie in commercio, l'azienda ha scelto il modello "U - 162" prodotto dall'azienda DATA Technologies. Tale macchina [5] è in grado di contare i pezzi tramite una tecnologia di conteggio ottico a scansione caotica: le parti vengono caricate su una tramoggia e passano attraverso l'unità di conteggio, per poi essere imbustate. Le buste verranno poi prese da un sistema di sollevamento e posizionate all'interno di una scatola preparata da una macchina formatrice di cartoni (per maggiori dettagli sul funzionamento del nuovo impianto, si rimanda ai paragrafi 5.1 e 5.2). Si vuole sottolineare che nell'uso della macchina contapezzi si vuole soddisfare non solo l'esigenza di precisione, ma anche quella della velocità: considerando solo il primo aspetto, infatti, si sarebbe potuta adottare una macchina di misura a coordinate (CMM), che ha una incertezza di misura migliore del micrometro [6]. Gli encoder lineari con cui sono solitamente equipaggiati questi macchinari, permettendo ad essi di rilevare lo spazio tridimensionale dei loro possibili movimenti, garantiscono elevati livelli di precisione. Chiaramente le CMM sono molto più lente delle macchine di conteggio ottico a scansione caotica, un fatto non secondario in uno stabilimento con volumi di produzione di decine di migliaia di pezzi al giorno. Per questo motivo, la macchina della DATA Technologies rappresenta sicuramente la soluzione ottimale al problema del conteggio dei pezzi.

3.11

Gestione avanzato

L'attività di gestione dell'avanzato verrà profondamente rinnovata nel nuovo impianto di imballaggio: al posto delle tradizionali scaffalature metalliche per pallet, si è deciso di acquistare un magazzino automatico, il quale permetterà di guadagnare una cospicua area di stabilimento. Il magazzino automatico, infatti, si sviluppa in verticale, e il suo ingombro in pianta è molto contenuto rispetto a un

sistema di stoccaggio merci convenzionale. Per capire come avverrà il collegamento tra il magazzino automatico e l'impianto di confezionamento, si rimanda ai paragrafi 5.1 e 5.2.

3.12

Pallettizzazione scatole imballate

Per quanto concerne le scatole destinate ad essere spedite, si è pensato di adottare un pallettizzatore automatico, il quale le posizionerà su un determinato bancale a seconda del cliente a cui è destinato il pacco. È evidente, quindi, che questa attività verrà automatizzata; l'obiettivo è ridurre i tempi per la pallettizzazione ed abbattere la probabilità di errore. A tal proposito, si specifica che, prima di essere caricati sul camion, i pallet transitano sotto un gate RFID, che rappresenta il controllo finale della coerenza fra l'ordine e il pallet pronto a essere spedito. Il gate RFID [7] può essere considerato come un varco attraverso cui transita un carrello elevatore che inforca un bancale. Il varco è dotato di antenne che emettono un segnale, rendendo così possibile l'identificazione del contenuto delle singole scatole. Il sistema, inoltre, è in grado di capire la direzione di movimento del pallet, se il bancale è in entrata o in uscita dallo stabilimento. Si capisce che l'operazione di etichettatura è fondamentale: nel caso in cui sulla scatola venga apposta un'etichetta che non coincide con l'articolo all'interno, si paventerebbe il rischio di spedire un prodotto diverso da quello richiesto dal cliente, oppure di spedire una quantità di prodotto non coincidente con quella richiesta. Tutto ciò, chiaramente, è inaccettabile per un'impresa che vuole dare un'immagine di affidabilità.

3.13

Movimentazione pallet

Questa fase non sarà molto diversa nel nuovo impianto di imballaggio: una volta che il pallet è stato caricato, un operatore lo preleverà e lo porterà verso l'uscita dello stabilimento, passando sotto al gate RFID.

3.14

Movimentazione casse vuote

Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione per la progettazione della linea è la gestione delle casse vuote. Attualmente le casse vuote vengono impilate su una rulliera e poi portate verso il deposito da un operatore. Per evitare che l'addetto venga distolto da mansioni più utili, nel nuovo impianto di confezionamento il trasporto sarà completato dai veicoli AGV.

CAPITOLO 4

ANALISI DATI DI PRODUZIONE DELL'IMPIANTO PREESISTENTE

Terminati i colloqui con gli operai dell'impianto, il tirocinio è proseguito con l'analisi dei dati di produzione. Si è voluto determinare, innanzitutto, il numero e il tipo di scatole imballate su ogni linea, oltre alla media delle scatole posizionate su un bancale del tipo Europallet. Lo scopo di questa operazione era individuare i costi di produzione nell'impianto attualmente in uso, e confrontarli con i costi stimati da sostenere nel nuovo impianto. In sostanza, è stato fornito un contributo allo studio di fattibilità del progetto.

L'analisi dati è partita dai fogli Excel contenenti i dati di produzione del periodo 2016 – 2019; tuttavia, è stato preso come riferimento il periodo 01/01/2018 – 31/12/2018, suddiviso in tre quadrimestri, per questioni legate alle dimensioni del file.

È emerso che i prodotti realizzati nello stabilimento vengono imballati in tre tipologie di scatole:

- Scatola formato 255x380x180 (17 litri);
- Scatola formato 255x280x180 (13 litri);
- Scatola formato 390x190x155 (11 litri) usata esclusivamente per l'imballaggio dei bottoni;

L'uso di un determinato tipo di cartone dipende esclusivamente dall'articolo da imballare. L'analisi dati ha evidenziato che, nel periodo di tempo considerato, sono stati imballati:

- N°9512 cartoni da 17 litri;
- N°72384 cartoni da 13 litri;
- N°11349 cartoni da 11 litri;

Dalle cifre riportate si evince che la maggior parte dei prodotti viene imballata nei cartoni da 13 litri. Il seguente grafico mostra la ripartizione del tipo e del numero di cartoni imballati nei tre quadrimestri del 2018

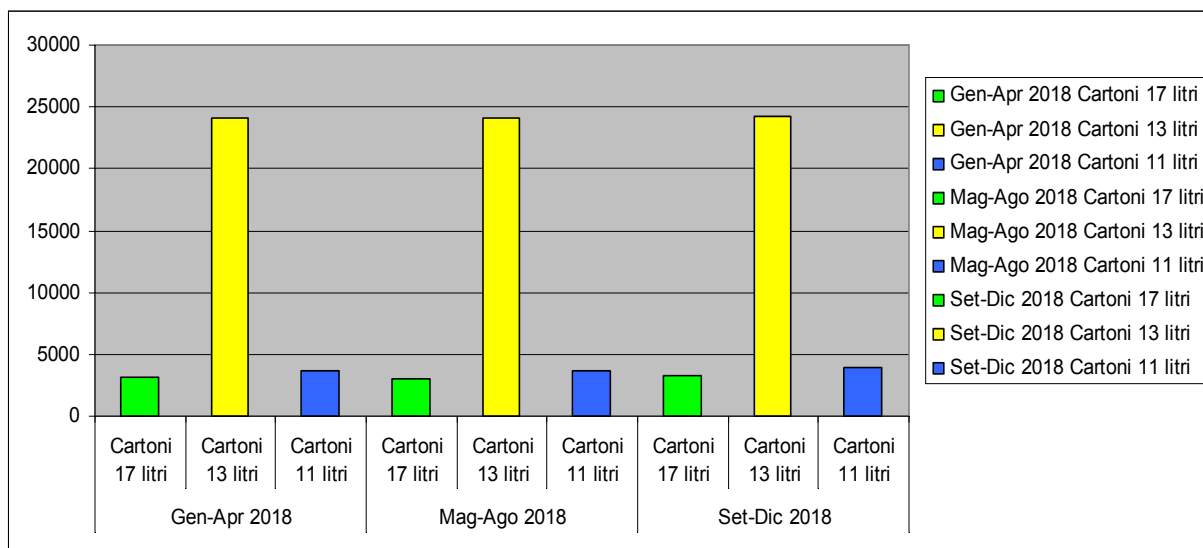


Grafico 1: cartoni imballati nell'anno 2018

Gen-Apr 2018		
Cartoni 17 litri	Cartoni 13 litri	Cartoni 11 litri
3171	24128	3783

Mag-Ago 2018		
Cartoni 17 litri	Cartoni 13 litri	Cartoni 11 litri
3058	24042	3674

Set – Dic 2018		
Cartoni 17 litri	Cartoni 13 litri	Cartoni 11 litri
3283	24214	3892

Tabella 3: scatole imballate nei tre quadrimestri dell'anno 2018

Per le spedizioni viene usato un bancale di tipo Europallet. Dai colloqui con gli addetti all'impianto di imballaggio, è emerso che su un singolo pallet vengono caricati:

- 36 cartoni da 17 litri;
- 40 cartoni da 13 litri;
- 60 cartoni da 11 litri.

La loro disposizione è pensata per rendere visibile l'etichetta identificativa del prodotto comprendente il tag RFID (per il funzionamento del gate RFID, cfr. 3.10).

È stata elaborata, inoltre, una stima dei costi sostenuti per i cartoni usati nel reparto d'imballaggio. Secondo i dati forniti dall'ufficio acquisti:

- La scatola da 17 litri costa 0,355€/unità;
- La scatola da 13 litri costa 0,360€/unità;
- La scatola da 11 litri costa 0,350€/unità;

Queste cifre sembrano presentare un'anomalia, poiché il cartone da 13 litri ha un costo leggermente superiore di quello da 17 litri. La spiegazione sta nel fatto che il cartone da 13 litri è più complicato da fustellare.

Come accennato in precedenza, su ogni scatola viene posizionata un'etichetta che permette di identificare il prodotto al suo interno. Si è reso necessario determinare, quindi, anche i costi sostenuti per le etichette. L'ufficio acquisti ha fornito i seguenti dati:

- Costo etichetta con RFID: 0,1440 €;
- Costo etichetta senza RFID: 0,0102 €.

L'etichetta semplice viene applicata solo sulle scatole da 11 litri. Per tutte le altre scatole, invece, si usa un'etichetta con il tag RFID incorporato, posizionato sul retro di essa.

Una volta raccolti i dati, è stata condotta un'analisi dei costi sostenuti per l'imballaggio nel periodo di tempo considerato, e sono stati stimati i costi da affrontare nel nuovo impianto, per il quale si è

pensato di uniformare i cartoni su uno standard compatibile con le dimensioni del bancale europallet: l'intento è utilizzare meno pallet e sviluppare delle procedure di pallettizzazione più efficienti. La nuova scatola avrà, dunque, dimensioni esterne 390x200x280, per un volume poco inferiore a 22 litri. I bottoni, invece, continueranno a essere imballati nella scatola da 11 litri.

Nelle seguenti tabelle sono messi a confronto i costi di imballaggio dell'impianto preesistente e la stima di quelli da sostenere nel nuovo impianto. Il riferimento per il costo della nuova scatola è quello del contenitore da 13 litri 390x200x280. Ovviamente questa è una stima, ma è abbastanza attendibile, in quanto per le dimensioni della scatola e per la difficoltà di fustellare il cartone il prezzo non dovrebbe discostarsi da 0,36€.

Costo cartone 17 litri	€ 0,355		Spesa cartoni 17 litri	€ 3376,760
Costo cartone 13 litri	€ 0,360		Spesa cartoni 13 litri	€ 26058,240
Costo cartone 11 litri	€ 0,350		Spesa cartoni 11 litri	€ 3972,150
Pallet usati per cartoni da 17 litri	265		Spesa totale cartoni	€ 33407,150
Pallet usati per cartoni da 13 litri	1810		Spesa etichette con RFID	€ 11793,024
Pallet usati per cartoni da 11 litri	190		Spesa etichette senza RFID	€ 113,490
Costo etichetta con RFID	€ 0,144		Spesa totale per cartoni da 17 litri	€ 4746,488
Costo etichetta senza RFID	€ 0,010		Spesa totale per cartoni da 13 litri	€ 36481,536
			Spesa totale per cartoni da 11 litri	€ 4085,640
			Spesa totale anno 2018	€ 45313,664

Tabella 4: spese sostenute per l'impianto di imballaggio nell'anno solare 2018

Volume totale imballato nelle scatole da 17 litri	161'704 litri	Spesa da sostenere per le scatole	€ 18'044,280
Volume totale imballato nelle scatole da 13 litri	940'992 litri	Spesa da sostenere per le etichette	€ 7'217,712
		Spesa totale per cartoni da 11 litri	€ 4085,640
Volume scatola nuova	22 litri	Spesa totale da sostenere	€ 29347,632
Cartoni da produrre ogni anno	50'123	Risparmio economico	€ 15966,032

Tabella 5: stima dei costi da sostenere nel nuovo impianto

Emerge che nel nuovo impianto si otterrebbe un risparmio di 15'966,032 € all'anno. Il dato sulle scatole da produrre ogni anno è stato così stimato: è stato moltiplicato il volume delle scatole da 17 litri e 13 litri per il numero dei relativi cartoni imballati nell'anno 2018, ottenendo così il volume totale imballato in litri. Successivamente, sapendo che il volume della scatola nuova è di circa 22 litri, i volumi totali imballati nelle scatole da 17 e 13 litri sono stati divisi per il volume della scatola nuova. Sommando i risultati ottenuti, è emerso che le scatole da produrre ogni anno nel nuovo impianto di imballaggio sono pari a 50'123. Questo numero, quindi, è stato moltiplicato per il costo della scatola (0,36€) e per il costo dell'etichetta con il tag RFID (0,144€), ricavando il costo da sostenere per le scatole da 22 litri. A questa spesa, infine, è stata aggiunta quella affrontata per le scatole usate per il confezionamento dei bottoni; si è giunti, così, al valore di 29'347,632 €. Facendo la differenza tra la spesa sostenuta nell'anno 2018 e quella da sostenere nel nuovo impianto, si è ottenuto il valore del risparmio economico. Si può concludere, quindi, che il rinnovamento dell'impianto di imballaggio è conveniente dal punto di vista economico.

È stata condotta, inoltre, un'analisi specifica per l'Italia, in quanto lo stabilimento di Prarolo utilizza un magazzino uguale a quello presente nella sede di Ascoli Piceno. Inizialmente si è pensato di sviluppare una scatola di cartone, alternativa alla busta di plastica, di dimensioni 90x90x180, in cui inserire gli articoli destinati all'Italia. Ogni scatola grande avrebbe dovuto contenere otto scatole di questo tipo,

in modo tale che, una volta arrivate allo stabilimento di Prarolo, le scatole piccole sarebbero state aperte, fatte passare attraverso una contapezzi, e poi portate in magazzino. Tuttavia, questa idea è stata scartata per alcuni inconvenienti tecnici che si sarebbero presentati nel nuovo impianto: il fondo esterno del cartone non è mai perfettamente piatto, a causa della rigidità del materiale, per cui la scatola piccola si sarebbe trovata in una condizione di equilibrio instabile all'interno della scatola grande, rischiando di cadere. Si è valutata la possibilità di utilizzare un sollevatore a ventosa che prelevasse contemporaneamente le otto scatole da inserire nella scatola grande, tuttavia il sistema di sollevamento a depressione non garantisce sempre un gradiente di pressione adeguato, per cui esisteva il rischio concreto che non tutte le scatole venissero prese. È stato proposto, successivamente, di sfruttare un robot industriale per svolgere questa mansione, ma tale idea è stata giudicata non idonea, in quanto i bracci automatici, avendo costi piuttosto elevati e necessitando di manutenzione periodica, si sfruttano per funzioni più complesse. Si è deciso, pertanto, di ricorrere all'uso della busta di plastica, adeguatamente dimensionata sulla base della quantità di articoli da inserire in essa.

CAPITOLO 5

MESSA A LAYOUT DEI SISTEMI DEL NUOVO IMPIANTO DI IMBALLAGGIO

La fase successiva all'analisi dei costi è stata la definizione del layout ottimale del nuovo impianto di imballaggio. La teoria sugli impianti industriali [8] prevede diversi metodi per la definizione del layout:

1. Metodo dei calcoli diretti: è il metodo più preciso fra quelli esistenti. Partendo dalla quantità di pezzi da produrre, si determinano: il numero delle macchine, l'area da esse occupata, il numero di operatori e lo spazio ad essi necessario tenendo conto della normativa sugli ambienti di lavoro, dell'area (eventuale) dedicata al posizionamento degli utensili e dell'area per l'accatastamento degli articoli da lavorare;
2. Metodo delle conversioni: è un metodo molto adatto per il rinnovamento dell'area produttiva, tenendo conto delle esigenze attuali e future dello stabilimento. La procedura prevede di individuare, per ogni reparto aziendale, lo spazio occupato nel momento presente, e di condurre un'analisi di incremento/decremento dello spazio occupato tenendo conto delle necessità attuali e future dell'azienda. Infatti, il rinnovamento del layout non può essere attuato ogni anno, per cui è importante ragionare in prospettiva. In questo modo si ottiene la nuova area di quel reparto; sommando tutte le aree, si ottiene lo spazio richiesto, che va confrontato con quello disponibile. Se lo spazio richiesto è superiore a quello disponibile, si possono adottare diverse soluzioni: affitto di spazi di magazzino ad aziende che erogano servizi di logistica, commissione di talune lavorazioni a terzisti, stoccaggio di merci all'esterno dello stabilimento, adozione di sistemi di magazzinaggio verticali.
3. Metodo degli spazi standard: questo metodo prevede di sfruttare degli spazi standard prestabiliti nella pratica industriale. Bisogna, tuttavia, porre attenzione ad un aspetto: gli spazi possono essere ripresi tal quali solo se sono stati calcolati dalla medesima industria, altrimenti bisogna moltiplicare i valori delle aree per un coefficiente correttivo che oscilla tra 1,3 e 1,8 a seconda delle necessità di trasporto e accatastamento.
4. Metodo del layout schematico: si realizza un modello in scala del layout su supporto cartaceo o digitale, in modo da avere una chiara indicazione visiva dello spazio occupato dai sistemi che compongono l'impianto.
5. Metodo della tendenza ed estrapolazione dei rapporti: consiste nell'uso di cifre indice, valenti per specifici settori industriali, che rappresentano alcune grandezze, come: i metri quadri occupati dall'operatore e l'area occupata dalle macchine. È molto adatto per dimensionare uffici e magazzini.
6. Metodo delle matrici multi attributo: si parte da una funzione di costo di trasporto interno del materiale, che dipende da una molteplicità di variabili. $Q = f(v_1, v_2, v_3... v_n)$. Dal colloquio con un piccolo team di esperti, fra i quali figurano il responsabile di produzione e il responsabile dell'ufficio tecnico, si sceglie un numero limitato di variabili, non più di quattro o cinque. Ad ogni fattore si assegna un peso, in modo che la somma dei pesi sia pari a cento. Successivamente, ad ogni fattore si assegna un punteggio in base a quanto esso viene rispettato nella soluzione di layout. Il punteggio viene moltiplicato per il peso del fattore, quindi si fa la somma. L'alternativa con la somma più alta è la migliore soluzione di layout
7. Metodo del confronto dei costi: si basa sul confronto fra i costi attuali e quelli aggiuntivi

A causa del poco tempo a disposizione, trattandosi comunque di una progettazione preliminare, si è scelto l'approccio del layout schematico. Perciò, questa fase del tirocinio è stata caratterizzata dall'uso

del software CAD Solid Edge per la definizione di massima della configurazione del nuovo impianto di imballaggio.

Le considerazioni preliminari hanno riguardato, ovviamente, lo spazio disponibile all'interno dell'area di stabilimento prescelta in relazione con lo spazio richiesto dal nuovo impianto. La seguente figura mostra la pianta quotata della zona dove sorgerà il nuovo impianto.

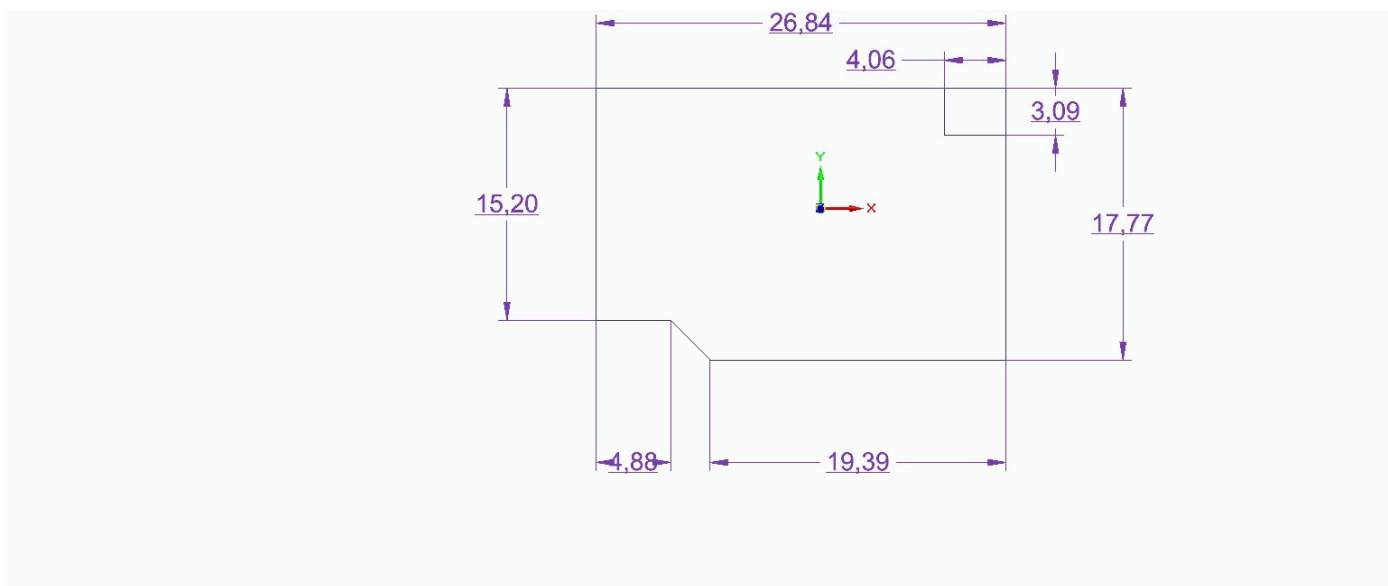


Figura 1: area di stabilimento dedicata al nuovo impianto di imballaggio. Schizzo realizzato con Solid Edge 2020. Il rettangolo 4,06 x 3,09 rappresenta il magazzino automatico. Dimensioni in metri.

Partendo da queste informazioni, sono stati realizzati degli schizzi su fogli A4 del nuovo impianto, tenendo conto dei vincoli di progetto:

- Progettare due linee di imballaggio;
- Distanza fra le rulliere: 350 mm;
- Altezza minima delle rulliere : 600 mm;
- Necessità di usare due formatrici di scatole;
- Posizionamento delle formatrici di scatole vicino alla macchina contapezzi, per facilitare la manutenzione;
- Predisporre almeno tre rulliere per ogni linea: una che gestisce la multireferenza, una che gestisce la monoreferenza, una dedicata all'imballaggio dei bottoni;
- Considerare la presenza di una linea dedicata alla calibrazione della macchina contapezzi;
- Tenere conto della necessità di produrre piccole buste che dovranno essere prese da un addetto del laboratorio controllo qualità per le verifiche a campione.

Nella progettazione di impianti industriali non è sempre possibile tenere conto di tutti i vincoli di progetto, per cui si è lavorato per priorità: è assolutamente necessario, ad esempio, avere due linee di imballaggio, perché se la prima va in manutenzione, viene usata la seconda, garantendo il completamento del processo produttivo. L'altezza minime delle rulliere, inoltre, è fissata a 600 mm per questioni legate all'ingombro dei loro motori. Si rendono necessarie due formatrici di scatole perché non esistono in commercio delle macchine in grado di produrre contemporaneamente due

formati di pacchi. È stata svolta una piccola ricerca online [9] su un sito che raccoglie i principali prodotti del settore, e non è stata trovata una formatrice con due ingressi, ossia in grado di gestire nello stesso momento la formazione di due tipi diversi di scatole. Tutti i macchinari disponibili, compresi quelli che sfruttano la tecnologia più avanzata in questo campo, ossia la PLC (Programmable Logic Controller) sono in grado di gestire un solo tipo di scatola alla volta. L'impiego di due formatrici di scatole incide negativamente sull'ingombro e sui costi da sostenere. Si è tentato, quindi, di ridurre al minimo lo spazio occupato dalle formatrici.

Un aspetto non trascurabile nella definizione del layout è la gestione della manutenzione: i sistemi devono essere facilmente accessibili per riparare i guasti ed effettuare le sostituzioni del caso.

5.1

Soluzione 1

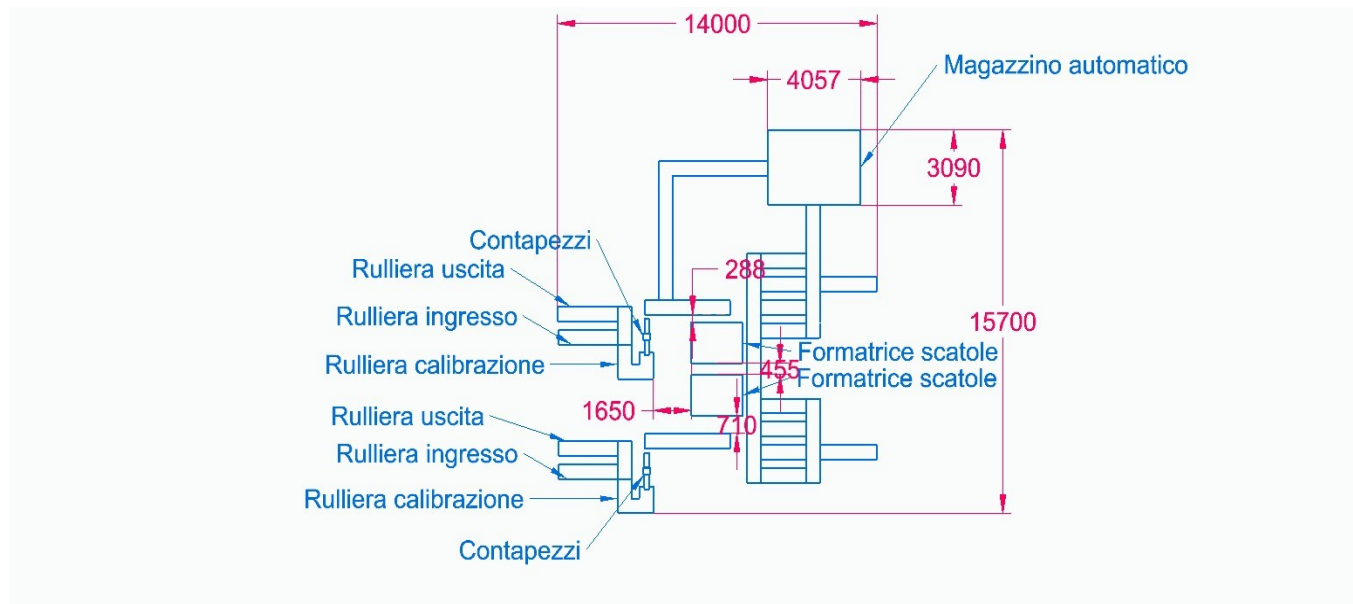


Figura 2: prima soluzione per il layout del nuovo impianto di imballaggio. Dimensioni in millimetri

Nel layout di figura sono posizionate, a sinistra, per ognuna delle linee di confezionamento, due rulliere: una accoglie le cassette impilate, l'altra è dedicata all'accumulo di casse vuote, le quali vengono portate verso il deposito. Un deimpilatore preleva una cassetta alla volta e la svuota gradualmente nella tramoggia della macchina contapezzi. In seguito la cassetta viene posizionata di nuovo sulla rulliera e può compiere due cammini diversi:

1. Può seguire il percorso di uscita;
2. Può andare sotto la macchina contapezzi per accogliere gli articoli contati, nel caso si stia eseguendo la calibrazione della macchina. In questo caso la cassetta, una volta riempita, torna alla posizione di partenza, viene svuotata all'interno della tramoggia, viene posata sulla rulliera e si dirige verso l'uscita.

La macchina contapezzi può assumere due posizioni:

- La posizione 1, quella più usata, si adotta nelle normali condizioni operative della macchina: i pezzi vengono contati, imbustati, e posizionati su una rulliera. Da qui, la busta può proseguire il percorso sulla linea oppure può essere prelevata da un operatore e portata al laboratorio controllo qualità;
- La posizione 2 viene assunta dalla macchina quando su di essa si effettua la calibrazione; gli articoli vengono scansionati e depositati nella cassetta da cui sono stati prelevati, mentre il database memorizza il tipo di prodotto.

La busta, arrivata alla fine della rulliera, viene presa da un sollevatore e posta su uno dei quattro nastri a rulli successivi:

1. Rulliera che gestisce la multireferenza: la busta viene inserita in una scatola prodotta dalle formatrici;
2. Rulliera che gestisce la monoreferenza: la busta viene inserita in una scatola prodotta dalle formatrici;
3. Rulliera per imballaggio bottoni: la busta viene inserita in una scatola prodotta dalle formatrici;
4. Rulliera per la gestione dell'avanzato: la busta viene depositata direttamente sul nastro, viene etichettata e diretta al magazzino automatico. L'operazione di etichettatura è molto importante per tenere traccia della quantità di pezzi contenuti nelle buste. Infatti, quando dovranno essere prelevati gli articoli dal sistema di stoccaggio, la busta verrà indirizzata verso la rulliera posta in uscita dall'unità contapezzi, per essere inserita nella scatola di cartone.

Per quanto riguarda le scatole di cartone contenenti le buste, invece, esse verranno inviate alle stazioni di etichettatura e chiusura, per poi essere impilate sul bancale da un pallettizzatore automatico.

Questa soluzione presenta il vantaggio di grande semplicità nella configurazione della macchina contapezzi: essa viene tenuta in una posizione unica, fatto salvo il caso, non molto frequente, in cui si debba procedere alla sua calibrazione. Tutti i sistemi della linea sono facilmente accessibili per la manutenzione: dalle quote in figura si vede che tra la rulliera e la macchina formatrice di scatole la distanza è di 1650 millimetri, vale a dire più di un metro e mezzo. Se questa distanza non fosse sufficiente per far lavorare i manutentori in una posizione ergonomica, può essere aumentata senza che sorgano problemi rilevanti. L'ingombro trasversale dell'impianto, infatti, è di 14 metri, un valore ben al di sotto dei 26, 84 metri della larghezza dell'area di stabilimento individuata (cfr. capitolo 5, figura 1). Considerando lo spazio fra le macchine formatrici di scatole, invece, i valori sono abbastanza contenuti, secondo quanto indicato in figura 2 (455 millimetri). A seconda di dove è posizionato l'accesso alle macchine per la manutenzione, tuttavia, si può decidere di avvicinare le macchine stesse, oppure di allontanarle, spostandole, cioè, verso i nastri trasportatori a rulli.

Il layout proposto presenta, nondimeno, un punto debole rilevante: il magazzino automatico viene raggiunto solo dalla prima linea (in alto nella figura 2), quindi è scontato che essa sarà utilizzata come linea principale. Quando verrà utilizzata l'altra linea, si potrebbe inserire una rulliera supplementare che assicuri un collegamento temporaneo tra la linea e l'unità di stoccaggio prodotti finiti.

5.2 Soluzione 2

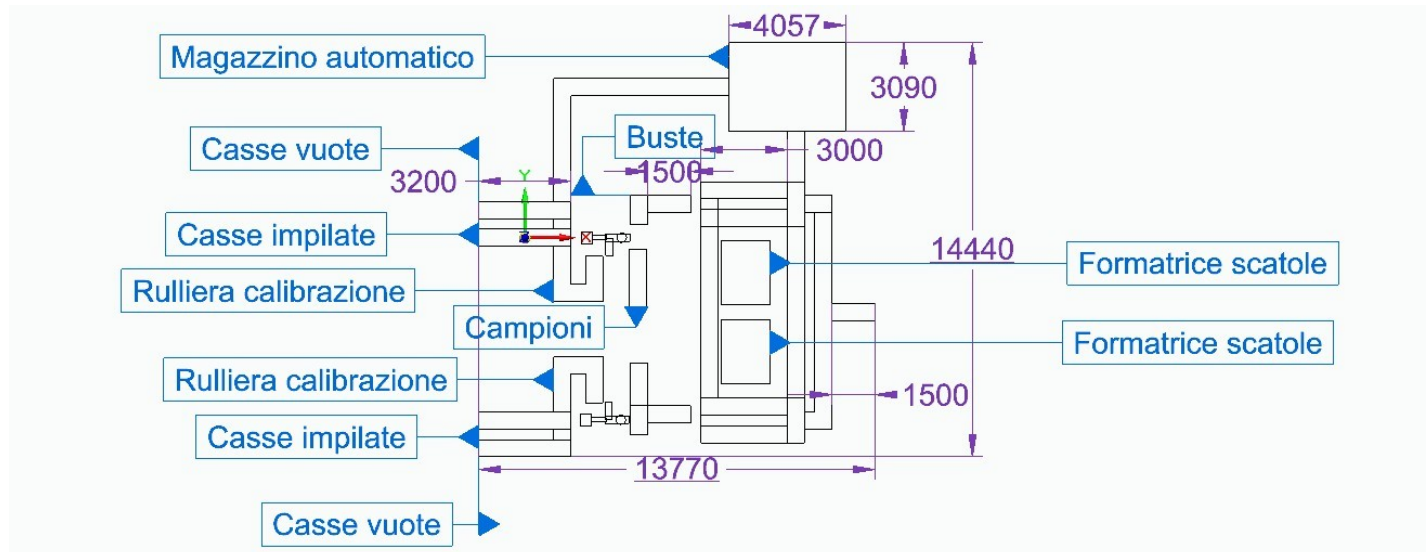


Figura 3: seconda soluzione per il layout del nuovo impianto di imballaggio. Dimensioni in millimetri

In questa configurazione la macchina contapezzi può assumere due posizioni, quella di normale funzionamento e quella della calibrazione. A differenza del layout precedente, è presente una rulliera dedicata al raccoglimento delle buste contenenti i campioni. È presente una stazione di etichettatura e chiusura scatola comune a entrambe le linee. Questa soluzione permette di limitare gli ingombri in larghezza dell'impianto, nondimeno essa presenta alcuni punti deboli: le formatrici di cartone sono collocate all'interno di una sorta di circuito chiuso creato dalle rulliere; ciò rende difficile l'accesso alle macchine nel caso si debba procedere alla loro manutenzione. Gli ingombri longitudinali, inoltre, non rendono possibile l'installazione di una rulliera dedicata ai bottoni, né di una rulliera per l'avanzato. Ciò comporta delle difficoltà nell'automazione dell'intero sistema, in quanto sulle sole due rulliere a disposizione devono essere controllate la multireferenza, la monoreferenza, l'imballaggio bottoni e la gestione dell'avanzato.

5.3 Scelta del layout ottimale

Mettendo a confronto vantaggi e svantaggi delle due configurazioni, si conclude che il layout più adatto per il nuovo impianto di imballaggio è quello proposto nella soluzione 1: risulta più facile, infatti, gestire la manutenzione delle formatrici di cartone, inoltre i bottoni vengono imballati su un nastro a rulli ad essi dedicato ed è anche possibile inserire una rulliera per la gestione dell'avanzato. Per quanto concerne il problema degli ingombri in profondità, si potrebbe ridurre leggermente la distanza fra le rulliere, in modo da guadagnare alcune decine di centimetri.

Per evitare che una delle due linee per l'imballaggio rimanga praticamente inutilizzata, probabilmente le due unità di confezionamento verranno sfruttate con un'alternanza di sei mesi. Non è conveniente, infatti, realizzare un intero impianto per poi non usarlo. Si sa che nella produzione industriale ci sono dei costi fissi, i quali devono essere ammortizzati realizzando un'elevata produttività; inoltre c'è il

rischio che, lasciando in disuso un sistema per troppo tempo, esso non funzioni bene quando viene acceso. L'uso alternato delle due linee, quindi, è di certo conveniente dal punto di vista tecnico – economico.

CAPITOLO 6

DIMENSIONAMENTO DI ALCUNI COMPONENTI DEL NUOVO IMPIANTO

Una volta scelto il layout ottimale, il tirocinio si è concluso con il disegno assistito dal calcolatore di alcuni dei componenti più importanti dell'impianto di imballaggio. Il software usato in questa fase è stato "Solid Edge" versione 2020.

6.1

Asse elettrico per il sistema di sollevamento delle cassette

Il sistema di sollevamento delle cassette è un componente fondamentale per il nuovo impianto: esso dovrà disimpilare le cassette contenenti gli articoli da imballare e dovrà impilare le cassette vuote sulla rulliera di uscita. Si tratta, perciò, di un sistema con la duplice funzione di impilamento/disimpilamento.

Dalla descrizione delle mansioni appena delineata, si deduce che il sistema dovrà essere in grado di traslare lungo le tre direzioni dello spazio: si consideri la figura 3 di 5.2, con particolare attenzione alle direzioni del sistema di riferimento. Per ogni direzione si elencano le attività da svolgere:

- Direzione X:
 - Traslazione della cassetta piena verso la macchina contapezzi automatica;
- Direzione Y:
 - Spostamento dalla rulliera di entrata verso la rulliera di uscita e viceversa;
- Direzione Z:
 - Prelievo cassetta piena;
 - Deposizione cassetta piena sulla rulliera di entrata;
 - Prelievo cassetta vuota;
 - Accatastamento cassetta vuota.

Per garantire la traslazione lungo la direzione longitudinale e trasversale, si è pensato di installare tre assi elettrici (si veda la figura 4 a pagina 30): adottando questa soluzione il braccio meccanico potrà muoversi lungo la direzione x, ossia lungo il percorso della rulliera d'entrata o d'uscita, e lungo la direzione y, ossia da una rulliera all'altra.

Per quanto concerne il disegno tecnico di questi componenti dell'impianto, i parametri di progetto sono due: l'altezza della pila di cassette e l'ingombro trasversale delle rulliere. Le cassette verranno impilate in una serie di quattro unità, per evitare che possano rovesciarsi durante lo spostamento lungo il nastro trasportatore. Considerando che una cassetta usata all'interno dello stabilimento è alta 20 centimetri, è conveniente porre i due assi elettrici longitudinali a un metro d'altezza rispetto al piano della rulliera (cfr. pagina 31, figura 6). Poiché l'ingombro trasversale delle rulliere è di 400 millimetri, e la distanza tra di esse è fissata a 350 millimetri, la distanza fra gli assi longitudinali è determinata in modo che il braccio meccanico possa trovarsi nella posizione ottimale per sollevare la cassetta piena e depositare quella vuota, e in modo tale che le ganasce riescano a stringersi sulla cassetta. Perciò, si è deciso di imporre la distanza fra le facce interne degli assi longitudinali a 1500 millimetri (cfr. pagina 30, figura 5).

L'ultimo aspetto da considerare riguarda lo spostamento lungo la direzione z; il braccio meccanico si alzerà o si abbasserà sfruttando lo scorrimento di una catena. Tramite opportuni sensori di prossimità,

il sistema sarà in grado di determinare la posizione della cassetta e quindi di prelevarla (o di depositarla, nel caso dell'impilamento di casse vuote) in modo ottimale. Per quanto riguarda, invece, il software di automazione utilizzato, non si possono fornire informazioni, perché l'attività di tirocinio è stata incentrata, per questioni di tempo e di coerenza con il piano di studi svolto, sull'aspetto prevalentemente meccanico del progetto.



Figura 4: disegno 3D dell'asse elettrico

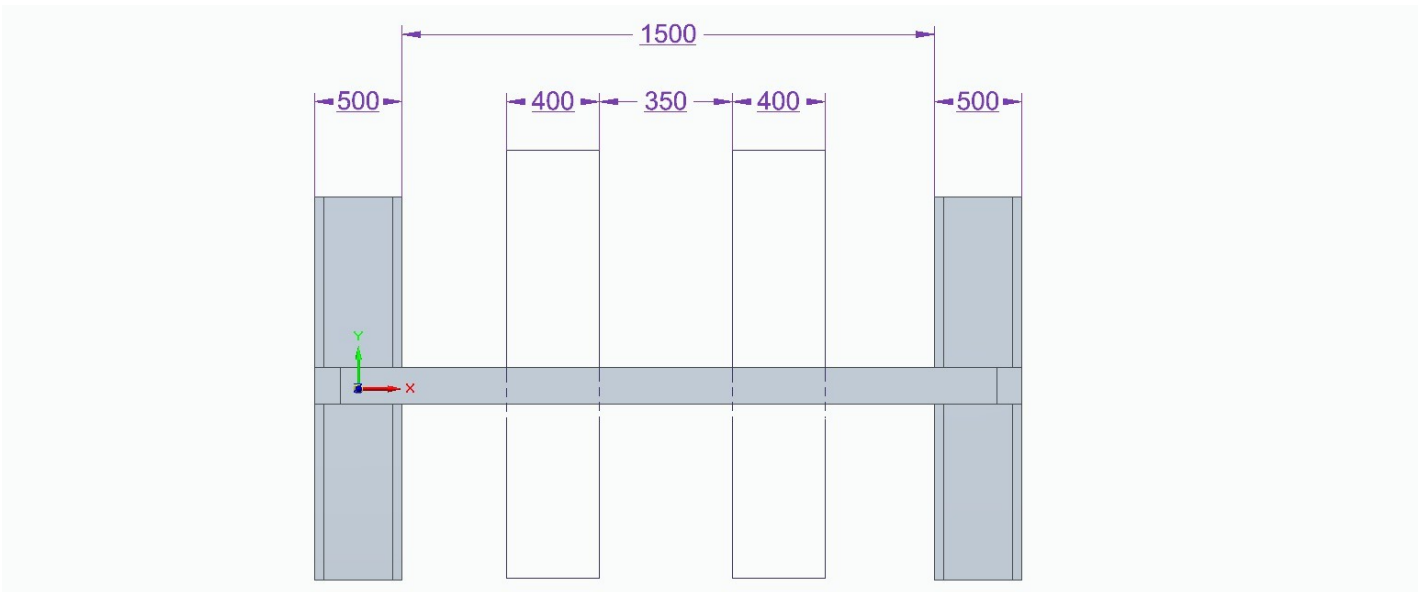


Figura 5: vista in pianta dell'asse elettrico e delle rulliere. Dimensioni in millimetri



Figura 6: vista frontale dell'asse elettrico; la quota indica la distanza in millimetri fra il piano delle rulliere e l'asse trasversale.

6.2

Tramoggia della macchina contapezzi

La tramoggia della macchina contapezzi è un componente di rilevante importanza per il nuovo impianto di imballaggio: in essa, infatti, verranno versati i prodotti, i quali verranno contati e imbustati. Il problema maggiore relativo a questa parte dell'impianto è la formazione dei mix articolo (cfr. 3.8). Le sue caratteristiche morfologiche non sono così diverse dalle tramogge presenti in altri impianti industriali. Occorre ricordare però, che essa accoglierà gli articoli contenuti nelle cassette portate dai veicoli AGV, per cui le dimensioni della sezione di carico devono essere decise tenendo in considerazione questo aspetto. In caso contrario, si rischia che una parte dei pezzi venga versata sulla pavimentazione dello stabilimento, anziché nella tramoggia, fatto chiaramente inaccettabile in un processo industriale. Poiché le dimensioni in millimetri della cassetta sono 600x400, si è deciso di progettare una sezione di carico quadrata, di dimensioni (in millimetri) 800x800.

Per quanto concerne la sezione di scarico, invece, si è pensato di progettarela tenendo conto delle dimensioni del canale di collegamento con l'unità di conteggio. Sul prospetto disponibile sul sito Internet dell'azienda Data Technologies, quest'informazione non è riportata. Si è deciso, allora, di fare una stima il più possibile ragionevole delle dimensioni del canale: considerando che esso è progettato per minuterie di materiale metallico o plastico, potrà essere largo circa 200 millimetri. Sulla base di quest'ipotesi, le dimensioni della sezione di scarico della tramoggia saranno 150x150. È importante, infatti, che gli articoli vengano versati sul canale di scarico, e non al di fuori di esso.

Il materiale in cui la tramoggia verrà realizzata è l'acciaio, con i problemi di ispezionabilità già discussi in 3.8.

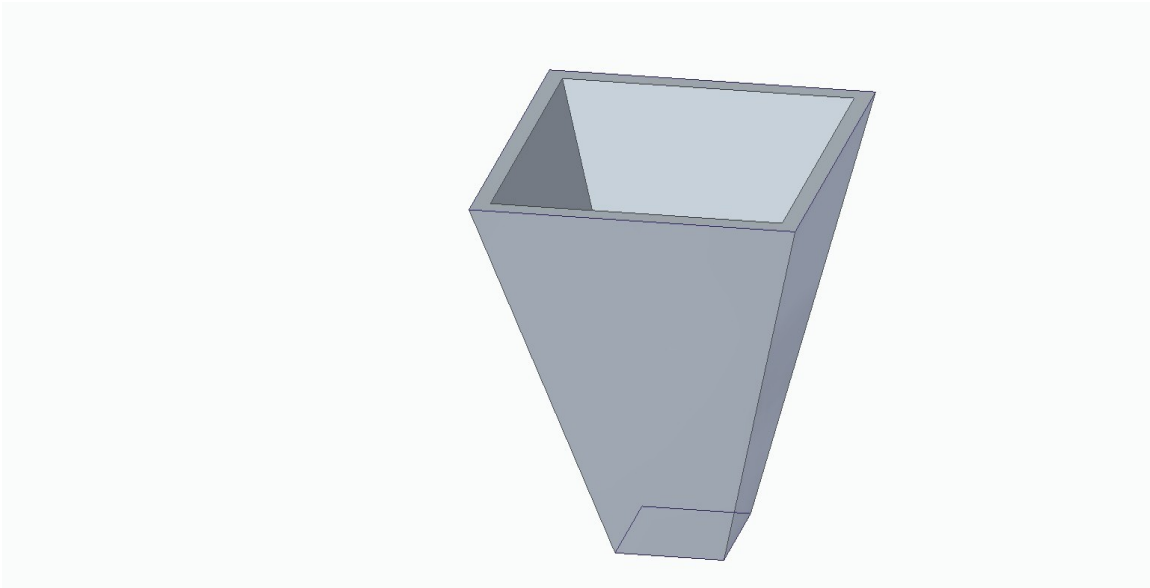


Figura 7: disegno 3D della tramoggia della macchina contapezzi automatica

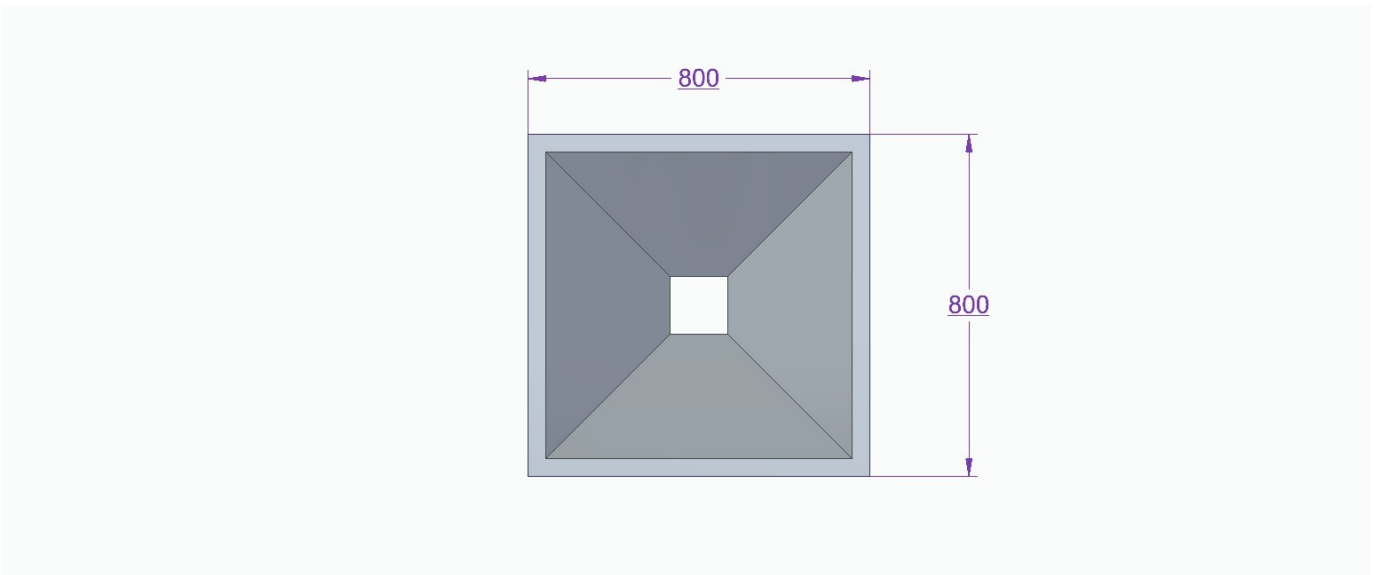


Figura 8: vista dall'alto della tramoggia. Dimensioni in millimetri

CONCLUSIONI

Durante il periodo di tirocinio è stata prestata collaborazione allo sviluppo di un nuovo impianto di imballaggio di accessori per chiusura. La progettazione preliminare è iniziata dai colloqui con gli operatori dello stabilimento per capire come avvengono le operazioni di confezionamento e avere una chiara comprensione dei problemi da affrontare nella definizione della nuova unità produttiva. È emerso che l'organizzazione di una fase importante del processo di produzione industriale, quale è l'imballaggio degli articoli, potesse essere sicuramente migliorata.

La fase successiva è consistita in un piccolo contributo allo studio di fattibilità del progetto. In particolare, sono stati messi a confronto i costi sostenuti per l'imballaggio dei prodotti nell'anno 2018 con quelli da affrontare nel nuovo impianto. Dall'analisi dati è emerso che, in effetti, il rinnovamento del reparto di confezionamento apporterà un beneficio economico all'impresa.

In seguito, si è passati all'aspetto prettamente tecnico dell'attività di tirocinio, ossia la messa a layout dei vari sistemi, con l'elaborazione di due diverse soluzioni, unitamente al dimensionamento di alcuni componenti del nuovo impianto.

Il mese trascorso nell'azienda YKK Mediterraneo S.p.A. è stato molto utile, in quanto si è avuto modo di acquisire consapevolezza sulle attività di lavoro tipiche di un ingegnere meccanico; inoltre, sono state ottenute delle conoscenze sulle principali soluzioni adottate in un moderno impianto di imballaggio industriale.

RIFERIMENTI

- [1] <https://www.ykk.it/it/chi-siamo/>
- [2] https://www.reportaziende.it/ykk_italia_spa
- [3] R. OLMI *Traffic Management of Automated Guided Vehicles in Flexible Manufacturing Systems* 11-16, 2011
- [4] <https://www.startmag.it/innovazione/esiste-un-metallo-trasparente-come-il-vetro-si-si-chiama-spinel/>
- [5] *Data Technologies U – 162 kit technical data sheet*
- [6] G. ROSSI *Misure meccaniche e termiche. Basi teoriche e principali sensori e strumenti* 210 – 211 Carocci editore, 2019
- [7] <https://www.alfacod.it/prodotti/rfid-gate>
- [8] Prof. Filippo Emanuele Ciarapica *Dispense del corso di Impianti Meccanici A.A. 2019/2020*
- [9] <https://www.directindustry.it/fabbricante-industriale/formatrice-scatole-75672.html>

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio anzitutto il mio relatore, professor Massimo Callegari, per avermi seguito in questi mesi e per avermi fornito indicazioni utili per la stesura dell'elaborato. Se il lavoro di tesi è riuscito bene, buona parte del merito è sua.

Ringrazio inoltre i miei genitori che mi hanno dato fiducia e mi hanno fornito il necessario sostegno economico per affrontare il percorso universitario e conseguire il titolo di studio.

I miei ringraziamenti vanno anche ai miei amici: penso, in particolare, a Matteo T., Gianluca, Isaia, Clarissa, Fabio, Pieramerigo, Patrizio, Marco, Riccardo, Elisa, Sara, Lorenzo, Matteo G., Ludovico, Tommaso, Mirko, Beatrice, Alessandro. Grazie per i momenti di gioia che mi avete regalato!

Infine, ringrazio vivamente i colleghi dell'azienda YKK Mediterraneo S.p.A. per avermi concesso l'opportunità di collaborare ad un progetto industriale; è stata un'occasione di crescita dal punto di vista professionale e umano, in un ambiente stimolante e accogliente.