



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

FACOLTA' DI INGEGNERIA

---

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**Analisi di fattibilità tecnico-economica dell'implementazione di una tecnologia alternativa di packaging sulla linea produttiva di armadi refrigerati verticali**

*Technical and economic feasibility analysis of the implementation of an alternative packaging technology on the production line of vertical refrigerators*

Relatore

**Prof. Ing. Maurizio Bevilacqua**

Laureando

**Egidio Cappella**

**A.A. 2020 / 2021**

*Alla mia famiglia*

## Sommario

<b>Introduzione</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Descrizione dell'azienda</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Il mercato di riferimento</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2 Lo stabilimento di Ascoli Piceno</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 I prodotti</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4 Linea frigo</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Descrizione processo attuale di imballaggio</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Fasi e tempi nell'operazione di imballaggio attuale</b> .....	<b>12</b>
2.1.1 Tempi e metodi.....	13
2.1.2 Tecniche di misurazione del lavoro.....	16
<b>2.2 Fasi e tempi rilevati</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3 Materiali utilizzati nell'operazione di imballaggio attuale</b> .....	<b>30</b>
<b>3. Punti di forza e punti di debolezza del processo di imballaggio attuale</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1 Punti di forza</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2 Punti di debolezza</b> .....	<b>36</b>
<b>3.3 Ergonomia</b> .....	<b>40</b>
3.3.1 Introduzione all'ergonomia.....	40
3.3.2 Analisi RULA su Catia.....	45
<b>4. Proposta del sistema di imballaggio alternativo</b> .....	<b>49</b>
<b>4.1 Lean production</b> .....	<b>49</b>
4.1.1 Toyota production system (TPS).....	51
<b>4.2 Descrizione delle macrofasi</b> .....	<b>56</b>
4.2.1 Pre-imballaggio.....	56
4.2.2 Avvolgimento automatico.....	58
4.2.3 Deposito in zona di attesa.....	59
<b>4.3 Tempi e fasi</b> .....	<b>61</b>
4.3.1 Miglioramenti previsti.....	63
<b>4.4 Materiali utilizzati</b> .....	<b>64</b>
4.4.1 Miglioramenti previsti.....	67
<b>4.6 Macchinario proposto</b> .....	<b>68</b>
<b>4.5 Layout proposto</b> .....	<b>70</b>
<b>5. Analisi dei costi e dell'investimento</b> .....	<b>71</b>
<b>5.1 Costi industriali</b> .....	<b>71</b>
5.1.1 Costi fissi e variabili.....	71
5.1.2 Costi diretti e indiretti.....	72
5.1.3 Centri di costo.....	75
<b>5.2 Costo del processo di imballaggio attuale</b> .....	<b>75</b>

5.2.1 Costi del lavoro .....	76
5.2.2 Costo dei materiali.....	77
<b>5.3 Costo del processo di imballaggio alternativo.....</b>	<b>79</b>
5.3.1 Costo del lavoro .....	79
5.3.2 Costo dei materiali.....	81
<b>5.4 Analisi fattibilità economica dell'investimento .....</b>	<b>83</b>
5.4.1 Criteri di analisi.....	83
5.4.2 Applicazione.....	86
<b>Conclusioni.....</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>93</b>
<b>Ringraziamenti.....</b>	<b>94</b>

## Introduzione

Nell'epoca in cui viviamo le imprese sono sempre più spinte dalla crescente concorrenza a cercare nuove soluzioni per rendere più efficienti e sostenibili i sistemi produttivi, spesso aumentando il livello di automazione degli stessi.

L'obiettivo del seguente lavoro di tesi è analizzare la fattibilità tecnico-economica dell'implementazione di una tecnologia alternativa di packaging sulla linea produttiva di armadi refrigerati verticali. Tale analisi è stata effettuata durante l'attività di tirocinio svolta da ottobre 2020 a gennaio 2021, presso lo stabilimento della Sagi Spa di Ascoli Piceno, azienda appartenente al gruppo Angelo Po, specializzata nel settore della refrigerazione professionale.

Nel primo capitolo sarà descritta in breve l'azienda, con particolare attenzione alla linea produttiva dei frigoriferi verticali.

Segue poi, nel secondo capitolo, la descrizione del processo di imballaggio dei prodotti, che viene attualmente impiegato sulla linea. Nello specifico verranno elencati e descritti tutti i materiali utilizzati, con le relative caratteristiche, e le fasi di lavoro di cui è composta l'operazione di imballaggio.

Nello studio di questo processo sono venuti fuori punti di forza, ma anche di debolezza, descritti nel capitolo tre. Tra i punti di debolezza è emersa anche la presenza di postazioni di lavoro migliorabili dal punto di vista dell'ergonomia, per le quali sono state effettuate delle analisi della postura con il metodo RULA.

Dai punti di debolezza si partirà per la proposta del sistema di imballaggio alternativo, tenendo in considerazione i principi della lean production. Nel quarto capitolo verranno quindi simulate le fasi del processo previsto, ipotizzati i materiali per il packaging e messi in risalto i miglioramenti del nuovo sistema rispetto a quello attuale. La principale differenza con il sistema attuale sarà data dalla presenza di un avvolgipallet automatico. Infine, sarà effettuata un'analisi dei costi relativi all'operazione di imballaggio attuale e a quella alternativa. Per valutare a livello economico la fattibilità del progetto, verrà fatta un'analisi dell'investimento, utilizzando i criteri del Payback Period e del TIR.

## 1. Descrizione dell'azienda

L'azienda presso la quale è stato svolto il tirocinio è la Sagi, che appartiene al gruppo Angelo Po. A Carpi, nel 1922, Angelo Po, uno dei più abili fabbri della città, apre la sua bottega artigiana. È giovane, ma la sua grande passione per il suo lavoro, insieme alla tenacia, gli hanno permesso di raggiungere con la sua azienda la posizione di leader di mercato nella progettazione e produzione di impianti per la ristorazione professionale in tutto il mondo.



Con infinita volontà e sicurezza nelle sue possibilità, il giovane Angelo Po dà vita alla sua prima cucina smaltata, la Carpigiana, cui segue poco dopo l'Americana, più moderna e dell'aspetto raffinato ed elegante.



*Figura 1.1*

Nel 1935 la fabbrica di Angelo Po si trasferisce e inizia la produzione del barilotto, la stufa a segatura che permise di scaldare molte delle case carpigiane.

Per soddisfare le emergenti esigenze di modernità e progresso, che cambiarono a seguito della guerra e puntarono al razionalismo, cioè alla funzionalità e non solo all'estetica, Angelo Po converte da azienda artigiana a industria e, grazie all'introduzione

del gas, passa dalle cucine economiche alle prime grandi cucine professionali da utilizzare nelle mense, caserme e ospedali. Avvia inoltre la produzione di caldaie e radiatori domestici. La Angelo Po è un'azienda a conduzione familiare, infatti sotto la guida di Alberto e Alfio, subentrati al padre, nascono le prime cucine professionali modulari, che sono tecnologiche, efficienti e versatili, perché si adattano ad ogni specifica esigenza di servizio o di menù, offrono una tecnologia avanzata e sono pratiche, funzionali e facili da pulire.

Da questo momento la Angelo Po si apre anche all'internazionalizzazione, infatti iniziano le prime esportazioni di cucine in Medio-Oriente.

Negli anni '80-'90, caratterizzati da fermento progettuale e da aperture a mercati europei, i nipoti del fondatore prendono le redini dell'azienda.

In questi anni si consolida la forza e la credibilità del marchio e si completa l'offerta con un altro segmento di prodotto: il freddo. Ad Ascoli Piceno nasce l'azienda SAGI, destinata alla produzione di armadi refrigerati. Dagli anni 2000 Angelo Po si trova ad affrontare sfide globali e diviene un brand di importanza internazionale. Incrementa il fatturato export fino a superare il 50% del totale e attraverso l'acquisizione di Enofrigo e Rational Production, nasce il Gruppo Angelo Po che assume, nel mondo, il ruolo di plurispecialista del mercato della ristorazione professionale.

Il successo internazionale, oltre allo sviluppo commerciale e all'automazione dei processi produttivi, si fondono con la sapienza artigiana dalla quale nacque l'azienda.

L'integrazione fra i vantaggi dell'automazione e l'intelligenza degli uomini garantisce l'eccellenza qualitativa per un sistema cucina ergonomico, efficace ed efficiente.



*Figura 1.2*

Nel 2016 Angelo Po, e quindi Sagi, entrano a far parte di Berkshire Hathaway Inc, una delle aziende di successo più grandi al mondo, e di Marmon Holdings, una multinazionale che comprende 10 diversi settori di attività e oltre 125 aziende autonome di produzione e servizi.



Nel 2019 Angelo Po, Sagi e Dominioni creano la Marmon Foodservice Technologies, una realtà, formata da tredici marchi di qualità nel settore, dedicata ai sistemi integrati per la ristorazione professionale.

L'attenzione sarà ora rivolta a Sagi, azienda leader nel settore della refrigerazione industriale, nata nel 1980 e situata ad Ascoli Piceno. I prodotti Sagi, come armadi frigoriferi, abbattitori basi refrigerate, surgelatori rapidi, progettati, sviluppati e prodotti in Italia, vengono impiegati per lavorare nelle cucine professionali di hotel, ristoranti, mense, bar, pasticcerie di tutto il mondo, infatti garantiscono soluzioni innovative, capaci di combinare il massimo rispetto per l'ambiente e ridotti consumi energetici. Per questo il marchio Sagi è riconosciuto dappertutto, come sinonimo di refrigerazione performante, affidabile, dal design consistente e pratico, attento alla massima qualità.

Nella Sagi SPA attualmente lavorano all'incirca 100 dipendenti e il fatturato è di circa 23 milioni di euro, in continua crescita come si può vedere dal grafico in figura 1.3.

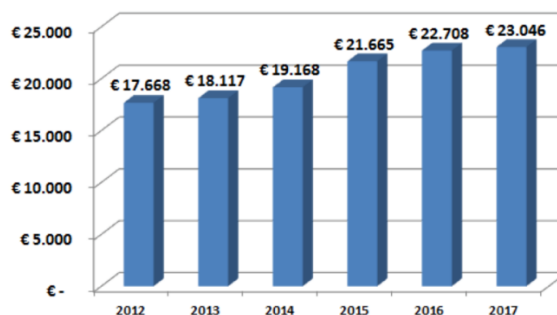


Figura 1.3 Andamento del fatturato Sagi (in migliaia di Euro)



## 1.1 Il mercato di riferimento

L'azienda esporta in circa 80 Paesi, ma una fetta importante, il 47% delle esportazioni, riguarda l'Unione Europea, il 24% l'Italia e i 29% il resto del mondo.



Figura 1.4 Geo-localizzazione dei principali clienti Sagi

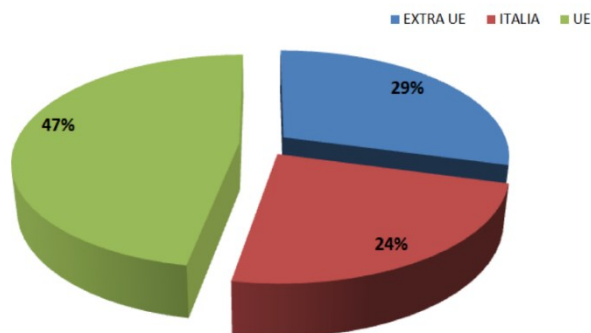


Figura 1.5 Percentuale di esportazione dell'azienda nei paesi dell'unione europea (verde), extra UE (blu) e Italia (rosso).

Come si può osservare dalla seguente tabella (1.1), il maggiore importatore delle attrezzature Sagi è sicuramente la Francia, con il 23% delle vendite totali, seguita dagli Emirati Arabi (7%), dalla Danimarca (6%) e dalla Germania (4%).

PAESE	% VENDITE
FRANCIA	23%
EMIRATI ARABI	7%
DANIMARCA	6%
GERMANIA	4%
SVIZZERA	3%
ARABIA SAUDITA	3%
USA	3%
QATAR	2%
MAROCCO	2%
BELGIO	2%
SINGAPORE	2%
RUSSIA	1%
Altri 62 paesi	20%

*Tabella 1.1 Incidenza percentuale dei prodotti venduti nei differenti Paesi*

## **1.2 Lo stabilimento di Ascoli Piceno**

Lo stabilimento di Ascoli Piceno è situato lungo la zona industriale ed occupa circa 20000 m<sup>2</sup>. Questo è suddiviso in diverse aree, una adibita al magazzino prodotti finiti, una nella quale sono presenti i vari uffici e un'altra dedicata alla produzione. All'interno di quest'ultima sono presenti i box produzione e qualità, il laboratorio, l'officina, in cui si realizzano i vari componenti, e sei linee di assemblaggio. Nelle prime due linee si assemblano basi refrigeranti, una linea è dedicata all'assemblaggio abbattitori e un'altra all'assemblaggio di vetrine e, infine, nelle ultime due si assemblano frigoriferi verticali.



Figura 1.6

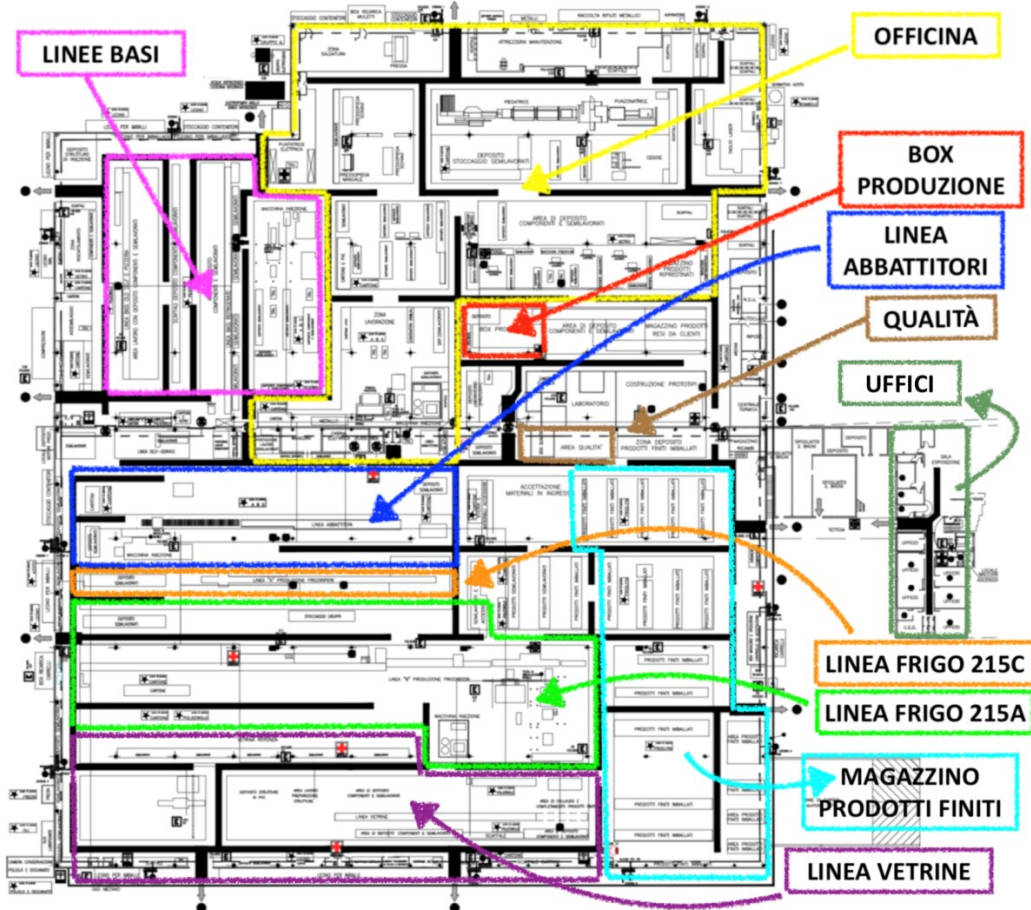
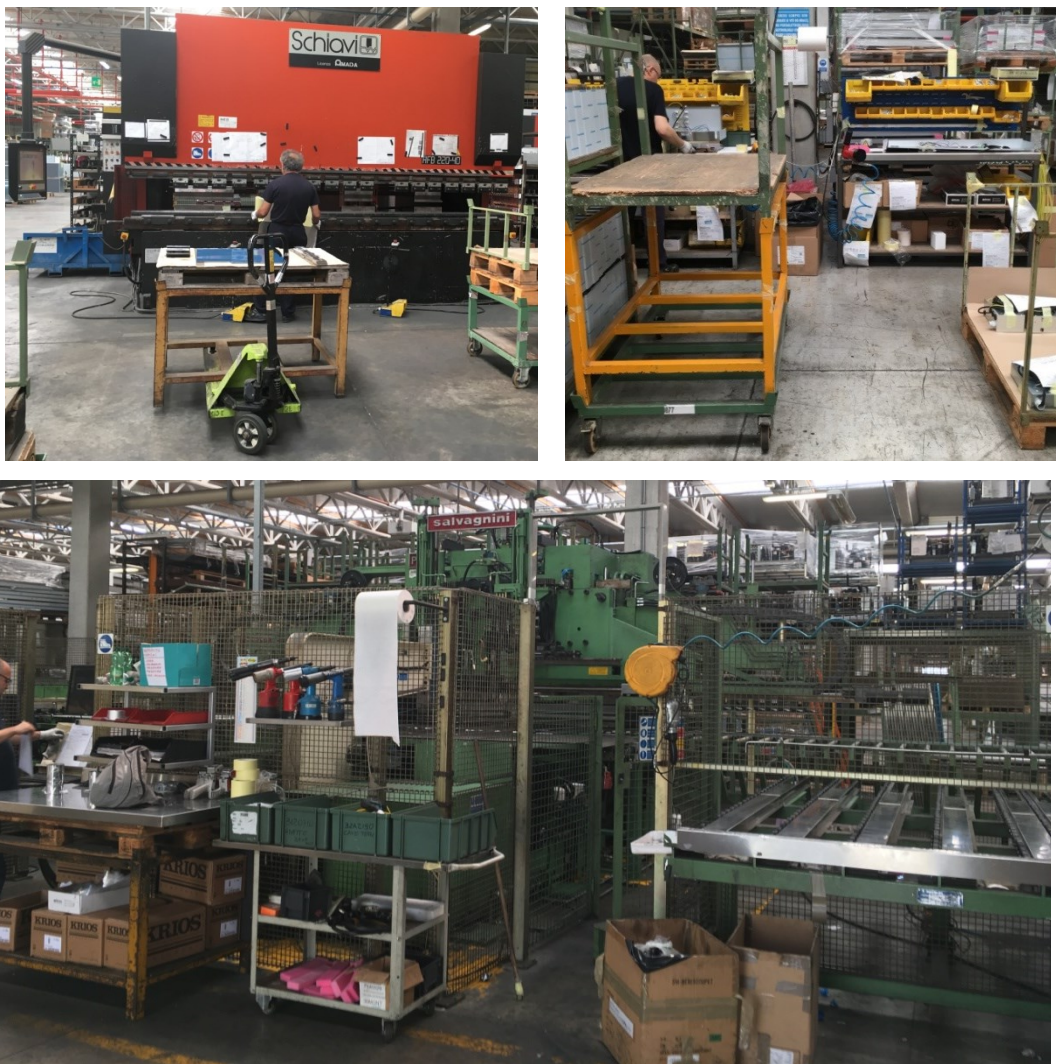


Figura 1.7 Planimetria dello stabilimento Sagi di Ascoli Piceno

In ogni linea è presente una pressa ad iniezione per la realizzazione delle scocche dei vari prodotti, fatta eccezione per quella delle vetrine. Ciascuna linea è dotata inoltre di

una macchina per la carica del gas refrigerante e di almeno una macchina di vuoto. Poiché le linee sopracitate sono linee di assemblaggio, al loro interno si creano prodotti finiti, ma non si realizzano componenti. Questi ultimi vengono infatti prodotti nell'officina dove ha luogo il taglio e la piegatura dei vari lamierati, attraverso l'utilizzo di un laser per tagliare i vari fogli di acciaio, tre presso-pieghe manuali, una presso-piega automatica, e una macchina ad iniezione per realizzare porte e pannelli per cassette. Nelle varie isole produttive dislocate nei punti di plant vengono realizzati assieme come kit quadro e kit cruscotti, particolari aerovaporatori e cassette.



*Figura 1.8 Officina (a sinistra presso piega manuale, a destra isola produttiva, sotto presso piega automatica)*

### 1.3 I prodotti

I prodotti Sagi rappresentano un'eccellenza nel settore della manifattura italiana. Essi sono caratterizzati da elevata cura per i dettagli, per i materiali, per il design e per l'ergonomia. Queste caratteristiche garantiscono un'estrema facilità di utilizzo e di pulizia del prodotto, permettendo così di raggiungere elevati standard igienici. L'elevata cura nei confronti dell'ambiente viene testimoniata dall'utilizzo dei fluidi refrigeranti a più basso impatto ambientale presenti sul mercato e dall'efficienza dei consumi che dal 2019 rientrano nella classe energetica A+++, in conformità con l'Ecodesign europeo. Tutti i prodotti Angelo Po, ad eccezione dei modelli Roll-in, sono realizzati in una struttura monoscocca monopezzo, in modo da ottenere un migliore isolamento termico, prestazioni elevate e garanzia di un risparmio energetico. L'azienda Sagi assicura prodotti affidabili, testati fino a +43° C, con certificazione di qualità ISO9001, marchio CE e GOST. Fra i principali si richiamano le vetrine refrigerate da esposizione, le basi refrigerate, le basi pizzeria, gli abbattitori, le celle frigorifere e gli armadi verticali refrigerati.



*Figura 1.9 Prodotti Sagi*

Ognuno di essi ha una propria linea di assemblaggio; questo lavoro di tesi in particolare si occuperà della linea degli armadi refrigerati verticali.

#### **1.4 Linea frigo**

Si descrivono ora le principali operazioni svolte all'interno della linea. Il frigo arriva dalla stazione nella quale ci si occupa dell'iniezione. Qui le lamiere, interna ed esterna, vengono assemblate, viene iniettato il poliuretano e vengono lasciate in una pressa per consentire a quest'ultimo di solidificare.



*Figura 1.10 Fase di iniezione*

A questo punto l'armadio, che esce dalla pressa in posizione orizzontale, viene controllato, vengono effettuati tutti i fori opportuni, viene applicata la porta, il cruscotto, poi i piedi ed infine viene ribaltato.



*Figura 1.11*

Una volta messo in posizione verticale si passa all'operazione di applicazione del motore e dell'evaporatore, seguita da quella di carica del gas.



*Figura 1.12*

Segue poi una fase di controllo per verificare l'effettivo funzionamento dei prodotti, che verranno poi completati con l'applicazione degli accessori interni, puliti ed imballati e saranno pronti per essere trasportati nel magazzino dei prodotti finiti.

## 2. Descrizione processo attuale di imballaggio



*Figura 2.1 Layout attuale*

### 2.1 Fasi e tempi nell'operazione di imballaggio attuale

L'operazione di imballaggio è svolta successivamente all'operazione di pulitura, dallo stesso operatore che si occupa di quest'ultima e dell'assemblaggio degli accessori. Le tre operazioni sopracitate non vengono svolte in modo continuo dall'operatore, infatti esso si occupa prima dell'assemblaggio, poi della pulitura e poi dell'imballaggio. Grazie ad un sistema di movimentazione a tapparella i frigoriferi raggiungono la zona di pulitura e imballaggio. Solitamente queste due operazioni vengono eseguite contemporaneamente per più pezzi, in modo da risparmiare tempo nelle fasi che possono essere effettuate una sola volta per un determinato numero di pezzi (come ad esempio "prendere nastratrice").





*Figura 2.2*

Terminate le fasi dell'imbballaggio effettivo, i pezzi verranno movimentati dall'operatore stesso e saranno depositati nella zona di deposito provvisorio, dalla quale l'addetto alla movimentazione la preleverà per portarla nel magazzino dei prodotti finiti.

Le fasi vere e proprie dell'imbballaggio saranno analizzate nel dettaglio in seguito.

Si procede ora con una descrizione teorica delle modalità di analisi utilizzate per lo studio dell'operazione di imballaggio attuale.

### **2.1.1 Tempi e metodi**

Con l'espressione tempi e metodi si intende l'attività di ricerca del miglior metodo che, rispettando le condizioni di sicurezza ed ergonomia, sia funzionale all'esecuzione di un lavoro specifico e alla rilevazione del tempo necessario.

Lo studio dei tempi e metodi, nell'ambito della trattazione delle problematiche di engineering, oltre ad individuare il miglior metodo a fronte delle macchine e sistemi

disponibili, consente di misurare i tempi necessari in modo da verificare la coerenza del livello di produttività del lavoro con gli obiettivi di costo stabiliti.

Tali attività derivano dagli studi di organizzazione di lavoro di stampo tayloristico e ai correlati concetti di ergonomia. L'approccio tayloristico è caratterizzato da una frammentazione del lavoro. Il dimensionamento del frammento deriva da un'analisi metodica dei processi produttivi. Applicare tale frammentazione richiede che l'addetto sia specializzato a compiere lo specifico lavoro e necessita di un contesto caratterizzato dal mantenimento nel tempo delle specifiche del prodotto e dei volumi di produzione. L'organizzazione del lavoro di stampo tayloristico però è entrata in crisi a causa dell'aumentare della complessità tecnologica, della sempre più presente dominanza della domanda sull'offerta e del cambiamento dei bisogni delle risorse umane.

Infatti sono ormai lontani i tempi in cui si professava lo Scientific Management, quando il taylorismo, equiparando gli uomini alle macchine, imponeva loro rigidi controlli ed il rispetto rigoroso di regole, e la retribuzione rappresentava l'unica ricompensa per il lavoro svolto. In particolare, Taylor nella sua impresa voleva annullare i tempi morti, limitando al minimo gli spostamenti degli operai. Per fare ciò egli introdusse la catena di montaggio, in cui i lavoratori svolgevano gesti ripetitivi e semplici, e usò la concorrenza all'interno dell'azienda, sottoponendo l'operaio allo svolgimento di prove. Con la condivisione di queste tra gli operai, ognuno poteva leggere i risultati dell'altro e si generò così una sorta di competizione, che avrebbe dovuto stimolare in ognuno l'idea di migliorare e di ridurre l'entropia dell'impegno, cioè la riduzione della distanza tra ciò che si può fare impegnandosi al massimo e quello che effettivamente si fa. Infatti gli operai se non controllati, tendono ad essere pigri.

Taylor inoltre introdusse una politica di incentivi basata sull'elargizione di premi ai dipendenti più veloci e produttivi, la ricompensa a cottimo. La sua idea di impresa può essere riassunta in due principi: *One Best Way* e il principio dell'operaio burocrate. Il primo si basa sull'idea che esista un'unica soluzione per compiere un'operazione o risolvere un problema, cioè un solo modo che è il più economico in termini di quantità e tipi di movimenti. Questo è deciso dal datore di lavoro che non ammette quindi l'esistenza di ritmi individuali: la produzione migliore avviene quando il lavoratore ripete in modo

automatico gli stessi movimenti e gesti durante la giornata lavorativa. Il secondo principio, invece, paragona l'operaio ad un bue. L'operaio deve fare solo quello che gli viene ordinato senza chiedere spiegazioni. Il lavoratore zelante, cioè quello che si ferma per interrogarsi sul perché, viene assimilato al lavoratore pigro: entrambi non rispettano l'organizzazione scientifica del lavoro, dato che non ottimizzano il loro tempo destinato a questo.

Con il passare del tempo la realtà lavorativa è diventata sempre più complessa, inoltre, come già detto, sono cambiati i bisogni delle persone, quindi la semplice relazione prestazione-ricompensa non è stata più sufficiente per far ottenere all'impresa un vantaggio competitivo. I manager ora devono incentrarsi sempre di più sulle risorse umane.

Quindi applicare lo Scientific Management è vero che permette di ottenere dei lavoratori altamente specializzati e standardizzati, e quindi efficienti, produttivi e flessibili, ma dall'altro lato la ripetizione dei movimenti, lo svolgimento di compiti semplificati, può generare nel dipendente alti livelli di stress, riduzione dell'equilibrio psichico, poco senso di realizzazione e quindi insoddisfazione. È per questo che sono state create delle soluzioni di integrazione tra un'organizzazione razionale del lavoro, che consente la riduzione dei costi, e quindi il miglioramento dell'efficienza e della produttività, e l'ergonomia, che coincidono con lo studio dei tempi e metodi. Infatti al di là della diretta correlazione con le logiche dell'organizzazione scientifica del lavoro, "tempi e metodi" si basa su premesse di ergonomia.

L'ergonomia è "l'applicazione congiunta di certe discipline biologiche e di certe discipline ingegneristiche per assicurare che tra l'uomo e il suo lavoro il miglior mutuo adattamento al fine di accrescere il rendimento del lavoratore e contribuire al suo benessere" (Ufficio Internazionale del lavoro di Ginevra). In altre parole, è una tecnica di procedure che studia i rapporti uomo-macchina-ambiente, al fine di intercorrelarli in termini umani.

Dopo aver preso coscienza dell'importanza dell'ergonomia, si sono sviluppate due approcci che riportano a Taylor e Gilbreth, cioè riprendono dal taylorismo il fatto di

privilegiare lo studio dei “tempi” e da Gilbreth il fatto di prediligere lo studio dei “metodi”. La composizione dei due approcci ha portato alla nascita dello studio del lavoro, definito dall’International Labour Office come “insieme di tecniche dello studio dei metodi e della misurazione del lavoro, che sono impiegate per assicurare il miglior uso possibile delle risorse umane e materiali per realizzare una specifica attività”.

Lo studio del lavoro si divide in studio dei metodi, che consiste nell’analisi dei sistemi esistenti e nello sviluppo di metodi migliori, e nella misurazione del lavoro, ovvero l’applicazione di apposite tecniche per determinare il tempo che occorre per eseguire un determinato lavoro.

### 2.1.2 Tecniche di misurazione del lavoro

La conoscenza del tempo necessario alla produzione di un bene riveste un ruolo molto importante per l’impresa perché permette di determinare la capacità produttiva e di formulare i costi di produzione.

Per determinare il tempo necessario alla produzione di tale bene occorrerà conoscere i tempi relativi a tutte le operazioni da effettuare per l’esecuzione del ciclo produttivo. Di ogni operazione si dovranno dunque conoscere le fasi che la compongono e i relativi tempi.

I tempi nella produzione industriale possono essere classificati come riportato nella seguente tabella (2.1)

$T_{pm}$	Tempo di preparazione della macchina
$T_{mf}$	Tempo di lavoro manuale a macchina ferma o improduttiva
$T_{mm}$	Tempo di lavoro della macchina con avanzamento manuale
$T_{ma}$	Tempo di lavoro della macchina con avanzamento automatico
$T_{ml}$	Tempo di lavoro manuale mentre la macchina lavora con avanzamento automatico
$T_p$	Tempo passivo: l’addetto non lavora durante l’operazione
$T_a$	Tempo attivo

$t_a, t_s, t_t$	Tempo di attenzione, tempo di seguito e tempo di trasporto
$T_o$	Tempo operazione
$T_{as}$	Tempo assegnato per l'esecuzione della lavorazione

*Tabella 2.1*

Il tempo dell'operazione sarà dunque dato dalla somma di questi tempi, anche se nel calcolo di  $T_o$  non viene considerato il  $T_{pm}$ , in quanto non è un'operazione ciclica, e i tempi  $t_a$  e  $t_s$  perché questi si sovrappongono al tempo macchina (le fasi sono svolte mentre la macchina lavora in automatico).

In sostanza  $T_o$  è composto da un tempo che si riferisce alle azioni che la macchina esplica sul pezzo e da un tempo che si riferisce alle azioni manuali. Questi ultimi però sono legati alla componente umana, cioè tanto più l'operatore è capace, tanto minore saranno tali tempi. Questa variabilità non è accettabile quindi bisogna individuare un tempo medio per ciascuna fase.

I metodi usati per determinare i tempi manuali sono:

1. Cronotecnica
2. Tempi standard
3. Valutazione con tabelle MTM

La cronotecnica è un metodo a consuntivo, gli altri due metodi sono invece a preventivo, cioè il ciclo di lavorazione non esiste ancora, ma è necessario prevedere le fasi e i tempi delle operazioni.

#### CRONOTECNICA

È una tecnica che consiste nella rilevazione diretta dei tempi e può essere utilizzata solo quando il ciclo produttivo è già esistente e collaudato. Per eseguire tale rilevamento, dobbiamo ricordare che ogni ciclo è diviso in operazioni e ogni operazione è divisa in fasi, che a loro volta possono essere divise in operazioni elementari. Se le operazioni non sono troppo complesse si può effettuare direttamente un rilevamento globale.

Il tempo per compiere un'operazione dipende molto da fattori umani, ambientali, dall'esperienza dell'operatore. Questo significa che la stessa azione può essere eseguita in tempi diseguali da operatori differenti, o anche dallo stesso operatore in condizioni differenti.

Oltre a rilevare i tempi, l'addetto a queste misurazioni dovrà anche definire il valore dell'efficienza dell'operatore, utilizzando una predefinita scala di valori. Si introduce il concetto di efficienza normale, ovvero l'efficienza di un operatore che esegue un'azione con abilità e impegno medi. L'efficienza assumerà quindi un valore di 100 nel caso di efficienza normale, un valore pari a 133 quando sarà massima e un valore pari a 0 quando sarà nulla. È importante anche riportare le caratteristiche principali della lavorazione, quali: condizioni di lavoro dell'operatore, condizioni dell'ambiente di lavoro e tipo di lavorazione.

Per avere risultati attendibili bisogna eseguire un numero opportuno di rilevazioni, che dipenderà in modo inversamente proporzionale dalla durata dell'azione

DURATA MEDIA DELL'AZIONE [ore]	NUMERO DI RILEVAZIONI
8	Da 1 a 2
3	Da 1 a 3
2	Da 2 a 4
1	Da 3 a 5
0.8	Da 3 a 6
0.5	Da 4 a 8
0.3	Da 5 a 10
0.1	Da 8 a 15
0.05	Da 12 a 25
0.03	Da 20 a 40
0.01	Da 40 a 80

*Tabella 2.2*

Una volta effettuate le dovute rilevazioni e determinati i livelli di efficienza, bisognerà definire il “tempo normale”, ovvero quel tempo impiegato dall’operatore che esegue l’azione assegnata con efficienza media.

Indicando con  $T_r$  la media dei tempi rilevati, con  $E_r$  l’efficienza media e con  $T_n$  il tempo normale, vale la relazione:

$$T_n = \frac{T_r \cdot E_r}{100}$$

Se si individua un valore di tempo e un valore di efficienza che si ripetono con una frequenza molto maggiore degli altri, si può usare il metodo del valore dominante, ovvero si possono sostituire  $T_r$  e  $E_r$  con i valori di tempo ed efficienza più frequenti. Qualora non fosse possibile utilizzare tale metodo bisognerà adottare il sistema della media ponderata, quindi la formula di  $T_n$  sarà:

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ri} \cdot E_{ri})}{n \cdot 100}$$

dove  $n$  è il numero dei rilevamenti effettuati.

Una volta calcolato il tempo normale bisogna considerare che l’operatore non manterrà lo stesso ritmo per l’intera giornata lavorativa, quindi bisogna determinare il tempo maggiorato indicato con  $T$

$$T = T_n \cdot c$$

Nella formula compare il fattore di riposo  $c$  che moltiplica il tempo normale. Individuare tale fattore può risultare difficile perché esso è influenzato da diversi fattori come lo sforzo fisico e le posizioni disagiati, la tensione nervosa, la monotonia delle azioni e l’inquinamento acustico e ambientale. Nella tabella 2.3 sono riportati dei valori standard del fattore di riposo, nell’ipotesi che 4 kg sia il valore massimo delle masse movimentate.

POSIZIONE DELL'OPERATORE	FATTORE DI RIPOSO
Seduto, movimenti normali, tronco fermo	1.10
Seduto, movimenti disagiati, tronco fermo	1.12
In piedi, movimenti normali, tronco quasi fermo	1.15
In piedi, movimenti disagiati, tronco quasi fermo	1.18
In piedi, movimenti normali, tronco in movimento	1.20
In piedi, movimenti disagiati, tronco in movimento	1.25
Coricato, movimenti normali, tronco fermo	1.20
Coricato, movimenti disagiati, tronco fermo	1.25
In marcia, movimenti normali	1.25
In marcia, movimenti disagiati	1.30

*Tabella 2.3*

Si può dunque considerare il tempo dell'operazione  $T_o$  pari al tempo maggiorato calcolato in precedenza. A questo tempo deve essere ancora aggiunto un tempo ausiliario che tiene conto dei vari inconvenienti e dei bisogni fisiologici dell'operatore, che possono portare ad un rallentamento della produzione. Solitamente tale tempo viene assunto pari al 4% del tempo assegnato, che diventa

$$T_{as} = T_o \cdot 0.96$$

Sarà questo il tempo al quale si farà riferimento per il calcolo del volume di produzione e dei costi.

#### TEMPI STANDARD

Quando la lavorazione è ancora in fase di preventivazione, per assegnare i tempi alle varie fasi si può ricorrere alle tabelle dei tempi standard. Queste tabelle vengono elaborate all'interno dell'azienda, facendo riferimento alle rilevazioni effettuate per le azioni comuni a diversi cicli di lavoro. Solitamente in queste tabelle vengono riportati valori già maggiorati per tenere conto degli effetti stancanti.



## METODO MTM

Restando sempre nell'ambito delle tecniche di rilevazione a preventivo, si può introdurre il metodo MTM, il quale opera scomponendo ogni azione manuale nei movimenti elementari che si compiono per effettuare tale azione. Bisognerà quindi avere a disposizione i tempi di questi movimenti, in funzione delle condizioni in cui il movimento si svolge. L'unità di misura utilizzata sarà il Time Measurement Unit (TMU)

$$1 [TMU] = \frac{1}{100000} [ore]$$

Saranno ora elencati dei movimenti in cui possono essere scomposte delle azioni:

1. Raggiungere (R) è il movimento che permette alla mano di raggiungere l'oggetto
2. Muovere (T) è il movimento che consente di spostare l'oggetto
3. Ruotare (G)
4. Prendere (P)
5. Orientare (O)
6. Abbandonare (A)
7. Separare (S)

Una volta scomposte le azioni, possiamo affidarci a delle tabelle, ad esempio in quella seguente saranno riportati i tempi del movimento "raggiungere" in funzione della distanza e delle condizioni

Lunghezza percorso	Tempi [TMU]			
	A	B	C+D	E
2	1.8	2.1	3.6	1.7
6	4.2	5	6.4	4.4

10	6	7	8.4	6.8
14	6.8	8.2	9.7	7.7
18	7.5	9.5	10.8	8.7
22	8.2	10.5	12	9.7
30	9.6	12.8	14	11.5
40	11.3	15.5	16.8	14
50	13	18.4	19.5	16.5
60	14.9	21.5	22.5	19

*Tabella 2.4*

Questo metodo è molto accurato e si può applicare solo in presenza di personale dotato di elevata abilità. Può essere utilizzato anche per determinare i tempi standard descritti in precedenza.

Riassumendo possiamo dire che una volta individuato il tempo normale attraverso uno di questi metodi, maggiorato questo tempo per considerare gli effetti stancanti, possiamo sommare tale tempo al tempo al tempo manuale a macchina ferma ( $T_{mf}$ ), al tempo macchina con avanzamento manuale ( $T_{mm}$ ) ed al tempo macchina con avanzamento automatico ( $T_{ma}$ ), così da trovare il tempo totale dell'operazione ( $T_o$ ). Quest'ultimo dovrà essere maggiorato ancora una volta per considerare eventuali imprevisti e i bisogni fisiologici dell'operatore. In questo modo arriveremo al tempo assegnato ( $T_{as}$ ).

Può accadere che il tempo di lavoro della macchina con avanzamento automatico è molto elevato. Questo vuol dire che l'operatore sarà inattivo per tutto questo tempo e ciò rappresenta uno spreco. Allora si può agire assegnando a tale operatore una funzione complementare all'operazione, la cui durata sia compatibile con il tempo di lavoro della macchina con avanzamento automatico. Si può dunque introdurre il concetto di saturazione ( $S_r$ ) che non è altro che il rapporto tra tempo attivo ( $T_a$ ), ovvero il tempo effettivamente dedicato al lavoro, e tempo passivo ( $T_p$ ), ovvero il periodo di inattività dell'operatore.

$$S_r = \frac{T_a}{T_p}$$

## 2.2 Fasi e tempi rilevati

Dal punto di vista dell'operazione di imballaggio possiamo raggruppare i frigoriferi in 4 famiglie, ovvero doppia porta con fianco stampato, doppia porta semplice, porta singola con fianco stampato e porta singola semplice.

In seguito, saranno riportate tutte le fasi dell'imballaggio, per ciascuna famiglia di frigoriferi. È riportato direttamente il tempo assegnato ad ogni fase, calcolato tramite la procedura descritta nel sotto capitolo precedente, cioè:

- Effettuo le dovute misurazioni di tempo ed efficienza per ogni fase, che nel nostro caso sono state all'incirca 40, data la durata delle fasi più brevi minore di 0,01 ore
- Calcolo il tempo e l'efficienza media per ogni fase
- Calcolo il tempo normale con la formula  $T_n = \frac{T_r \cdot E_r}{100}$
- Calcolo il tempo maggiorato  $T = T_o = T_n \cdot c$ , dove al posto di c è stato inserito il valore 1,20 (vedi tabella 2.3, in piedi, movimenti normali, tronco in movimento)
- Calcolo Il tempo assegnato come  $T_{as} = T_o \cdot 0.96$

Tipologia prodotto	Doppia porta semplice
Fasi	tempo assegnato [C <sub>min</sub> ]
Prende polistiroli angolari	4
Posiziona polistiroli	8
Prende nastratrice	3

Applica nastro	10
Ripone nastratrice	3
Prende scatola	25
Prepara scatola	38
Posiziona scatola	18
Prende adesivo	10
Applica adesivo	17
Attende operatore	34
Mette scatola	23
Prende reggiatrice	5
Avvolge con reggia	17
Salda la reggia	10
Sposta reggiatrice	5
Avvolge con reggia	16
Salda la reggia	10
Ripone reggiatrice	5
Prende carrello	22
Sollewa e sposta pacco per magazziniere	38
<b>Tempo totale</b>	<b>321</b>

Tabella 2.5

<b>Tipologia prodotto</b>	Doppia porta stampato
<b>Fasi</b>	<b>tempo assegnato [C<sub>min</sub>]</b>
Prende pannelli in polistirolo	8
Posiziona i pannelli	23
Prende polistiroli per i vertici	4
Posiziona polistiroli per i vertici	28
Prende nastratrice	3
Applica nastro	30
Ripone nastratrice	3

Prende scatola	25
Prepara scatola	38
Posiziona scatola	18
Prende adesivo	10
Applica adesivo	17
Attende operatore	34
Mette scatola	23
Prende reggiatrice	5
Avvolge con reggia	17
Salda la reggia	10
Sposta la reggiatrice	5
Avvolge con reggia	16
Salda la reggia	10
Ripone reggiatrice	5
Prende carrello	22
Sollewa e sposta pacco per magazziniere	38
<b>Tempo totale</b>	<b>392</b>

Tabella 2.6

<b>Tipologia prodotto</b>	Singola porta semplice
Fasi	Tempo assegnato [C <sub>min</sub> ]
Prende polistiroli angolari	4
Posiziona polistirolo	4
Prende nastratrice	3
Applica nastro	5
Ripone nastratrice	3
Prende scatola	15
Prepara scatola	26
Posiziona scatola	18
Prende adesivo	10

Applica adesivo	17
Attende operatore	34
Mette scatola	20
Prende reggiatrice	5
Avvolge con reggia	17
Salda la reggia	10
Sposta la reggiatrice	5
Avvolge con reggia	16
Salda la reggia	10
Ripone reggiatrice	5
Prende carrello	22
Sollewa e sposta pacco per magazziniere	38
<b>Tempo totale</b>	<b>287</b>

Tabella 2.7

<b>Tipologia</b>	Singola porta stampato
Operazioni	tempo assegnato [C <sub>min</sub> ]
Prende pannelli in polistirolo	8
Posiziona pannelli	19
Prende polistiroli vertice	4
Posiziona polistiroli vertice	28
Prende nastratrice	3
Applica nastro	25
Ripone nastratrice	3
Prende scatola	15
Prepara scatola	26
Posiziona scatola	18
Prende adesivo	10
Applica adesivo	17
Attende operatore	34

Mette scatola	20
Prende reggiatrice	5
Avvolge con reggia	17
Salda la reggia	10
Sposta la reggiatrice	5
Avvolge con reggia	16
Salda la reggia	10
Ripone reggiatrice	5
Prende carrello	22
Sollewa e sposta pacco per magazziniere	38
<b>Tempo totale</b>	<b>358</b>

*Tabella 2.8*

È importante sottolineare che nella fase attuale dell'imballaggio, come detto prima, gli armadi verticali sono lavorati non uno per uno ma a gruppi, solitamente di quattro. Dato che lo scopo del lavoro è quello di determinare il tempo assegnato all'operazione di imballaggio per un singolo frigo, per le fasi che possono essere effettuate contemporaneamente per più pezzi (come ad esempio prendere polistirolo, prendere nastratrice) il tempo assegnato è stato ricavato con il metodo descritto in precedenza, ed è poi stato diviso per 4, perché tale fase viene svolta per quattro prodotti e non solo per uno.

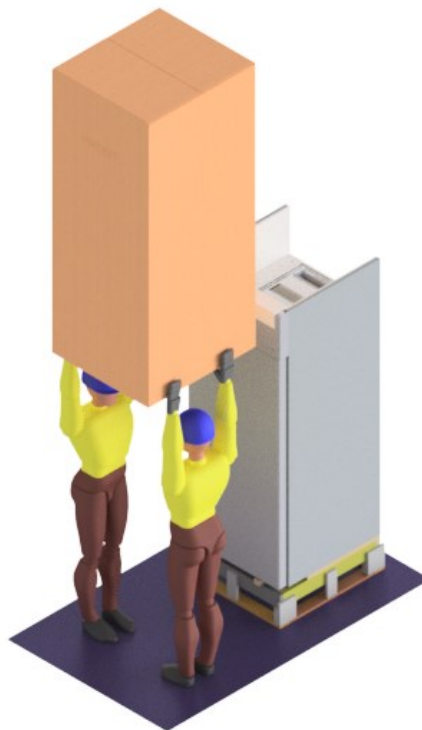
In generale tutte queste fasi possono essere inglobate in quattro macrofasi comuni a tutte le famiglie di prodotti:

1) Applicazioni protezioni in polistirolo



*Figura 2.3*

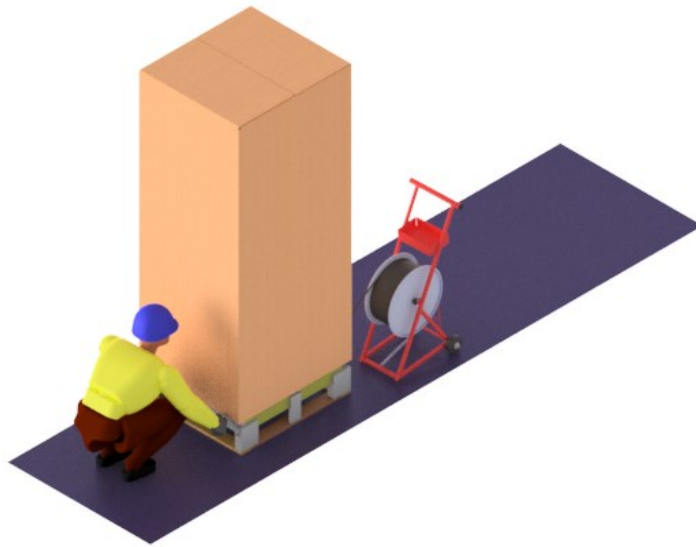
2) Applicazione scatola imballo



*Figura 2.4*



### 3) Reggiatura



*Figura 2.5*

### 4) Movimentazione



*Figura 2.6*

## **2.3 Materiali utilizzati nell'operazione di imballaggio attuale**

Possiamo definire l'imballaggio come "il prodotto, composto di qualsiasi natura, adibito a contenere e a proteggere determinate merci (dalle materie prime ai prodotti finiti), a consentire la loro manipolazione e la loro consegna dal produttore al consumatore, nonché gli articoli a perdere usati allo stesso scopo" (articolo 218 del decreto legislativo 3 aprile 2006).

Esistono 3 tipi di imballaggio: primario, secondario e terziario. L'imballaggio primario è quello che costituisce una unità di vendita per il cliente finale. Possono essere imballaggi primari ad esempio astucci, scatole, bottiglie e sacchetti. L'Imballaggio secondario è invece quello che permette di raggruppare un certo numero di unità, come ad esempio cartoni e fardelli. L'imballaggio terziario, detto anche per il trasporto, è quello che rende possibile la movimentazione e la manipolazione di una unità o di un certo numero di unità di vendita o di imballaggi multipli. Un esempio di questa tipologia possono essere i pallet.

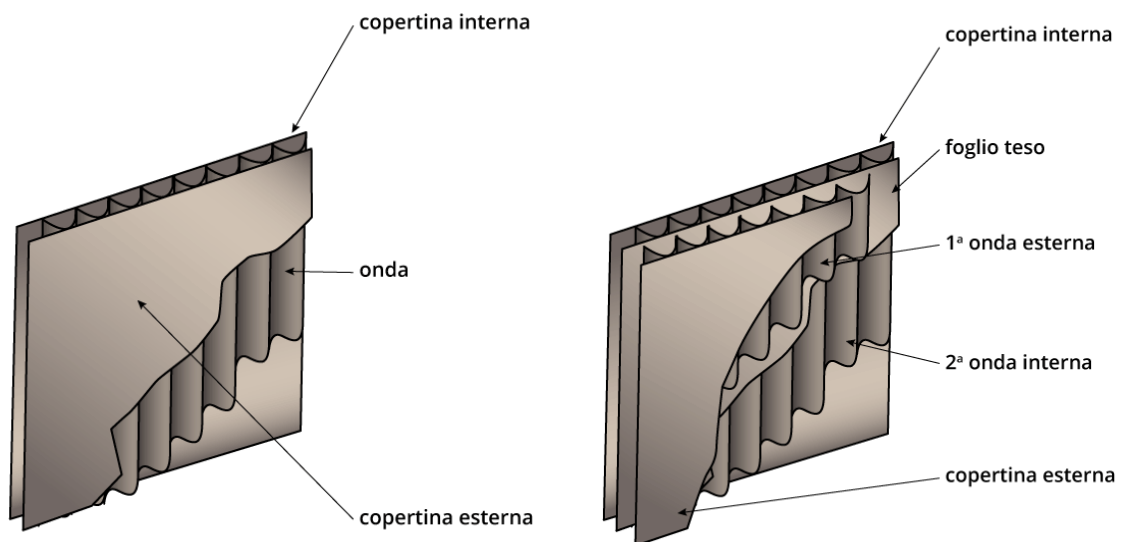
Per scegliere la tipologia e il materiale dell'imballaggio occorre sapere le caratteristiche del prodotto da imballare, le funzioni dell'imballaggio, il costo del materiale, i sistemi di movimentazione e stoccaggio, le condizioni ambientali e le possibili sollecitazioni meccaniche. I materiali più diffusi sono carta e cartone, vetro, plastica, legno, acciaio, alluminio e poliaccoppiati.

Nell'operazione attuale di imballaggio, si utilizzano degli scatoloni di cartone a doppia onda, e delle protezioni in polistirolo espanso. Per esigenza di movimentazione i prodotti sono fissati su una base imballo in legno.

### **CARTONE ONDULATO**

Il cartone ondulato nasce nel 1875 e dall'ora è divenuto uno dei materiali maggiormente utilizzati nel settore del packaging, basta pensare infatti che solo in Italia si stima una produzione annale di 11 miliardi di scatole. Esso generalmente è composto da due fogli di cartone piano, detti copertine, e da un foglio di cartone ondulato, tenuti insieme attraverso l'utilizzo di collanti naturali. Tale conformazione permette al cartone

ondulato di avere ottime proprietà meccaniche, anche se queste proprietà dipendono soprattutto dal tipo di materiale utilizzato per l'onda e le copertine, e ovviamente dallo spessore del cartone. Possiamo distinguere inoltre il cartone ondulato in tre tipologie: cartone a singola onda, a doppia onda e a tripla onda. Il cartone a singola onda è quello classico già descritto ed è rappresentato nella prima immagine della figura 2.7. Il cartone a doppia onda è leggermente più complesso, in quanto i fogli di cartone piano diventano tre, due copertine e un foglio teso centrale, e le onde diventano due. Per il cartone a tripla onda il ragionamento è lo stesso, con la differenza che in questo caso le onde sono tre e i fogli tesi centrali sono due.



*Figura 2.7 Cartone ondulato*

Bisogna inoltre fare una distinzione tra i diversi tipi di onda, in quanto le onde possono differire per altezza, cioè la distanza tra la cavità e la sommità dell'onda, e per passo, cioè la distanza che intercorre tra le sommità o le cavità di due onde vicine. È importante sottolineare che tale materiale è completamente biodegradabile e riciclabile, infatti la maggior parte della materia prima utilizzata nella realizzazione di scatole deriva dal macero, ovvero materiale di riciclo.

## POLISTIROLO ESPANSO

Il polistirolo, detto anche polistirene, è un polimero dello stirene. Lo possiamo trovare in molte applicazioni, come l'industria alimentare e l'industria manifatturiera, quando c'è bisogno di una plastica economica e abbastanza rigida. Nel settore del packaging viene utilizzato nella forma di polistirolo espanso. Per ottenerlo in tale forma, per prima cosa si devono riscaldare i granelli di polistirolo in una camera, immettendo vapore acqueo a 200 gradi centigradi. Il gas pentano contenuto nei granelli si dissolve facendo entrare aria e gonfiando ciascun granello fino a quaranta volte le sue dimensioni iniziali. Questi granelli espansi vengono poi inseriti in una pressa a caldo che permetterà al polistirolo di compattarsi in un unico blocco, tramite l'utilizzo di vapore acqueo.



*Figura 2.8 Polistirolo espanso*

La densità del prodotto finito, che può variare da 20 a 80 kg/m<sup>3</sup>, dipenderà dalla quantità di granelli immessi nella pressa. Il processo di fusione può durare da 5 a 20 minuti. Questo blocco, così ottenuto, dovrà poi essere tagliato per ottenere i pezzi finiti. Per effettuare il taglio si possono utilizzare tecniche a filo caldo, che garantiscono un'elevata precisione, oppure si può utilizzare un filo a movimento intermittente.

Mentre dal punto di vista delle fasi di imballaggio abbiamo distinto gli armadi refrigerati in quattro famiglie, dal punto di vista dei materiali utilizzati per il packaging i prodotti

vengono suddivisi in sei gruppi. Ad ognuno di questi è dedicata una scatola imballo e delle specifiche protezioni in polistirolo.

Nelle seguenti tabelle saranno riportate le scatole imballo associate a ciascun gruppo di prodotti.

Gruppi prodotti	Scatole imballo
Singola porta dimensioni ridotte	37B4470
Doppia porta dimensioni ridotte	37B4480
Singola porta	37B4560
Doppia porta	37B4570
Singola porta fianco stampato	37B4880
Doppia porta fianco stampato	37B4890

*Tabella 2.9*

Le scatole hanno in sostanza le medesime caratteristiche. L'unica cosa che le distingue sono le dimensioni.

Scatole imballo	Dimensioni [mm]
37B4470	785x770x1910
37B4480	1535x770x1910
37B4560	765x835x1905
37B4570	1515x830x1905
37B4880	725x830x1935
37B4890	1430x830x1935

*Tabella 2.10*

Per quanto riguarda i polistiroli si utilizzano i tre codici riportati nella tabella 2.11. Il primo corrisponde ad un pannello da applicare sulle porte e sui lati, il secondo corrisponde a una protezione per i quattro vertici superiori del frigo ed il terzo corrisponde ad un angolare da applicare sullo spigolo frontale superiore. Nella tabella 2.11 sono anche riportate le quantità di ogni tipologia di polistirolo usate per ciascun gruppo di frigoriferi.

Gruppi frigoriferi	Polistiroli		
	37B1230	37Q4400	37B5150
Singola porta dimensioni ridotte	0	0	1
Doppia porta dimensioni ridotte	0	0	2
Singola porta	0	0	1
Doppia porta	0	0	2
Singola porta fianco stampato	4	3	0
Doppia porta fianco stampato	4	4	0

Tabella 2.11

La figura 2.9 illustra i diversi polistiroli applicati ad un frigorifero doppia porta e ad uno doppia porta con fianco stampato.

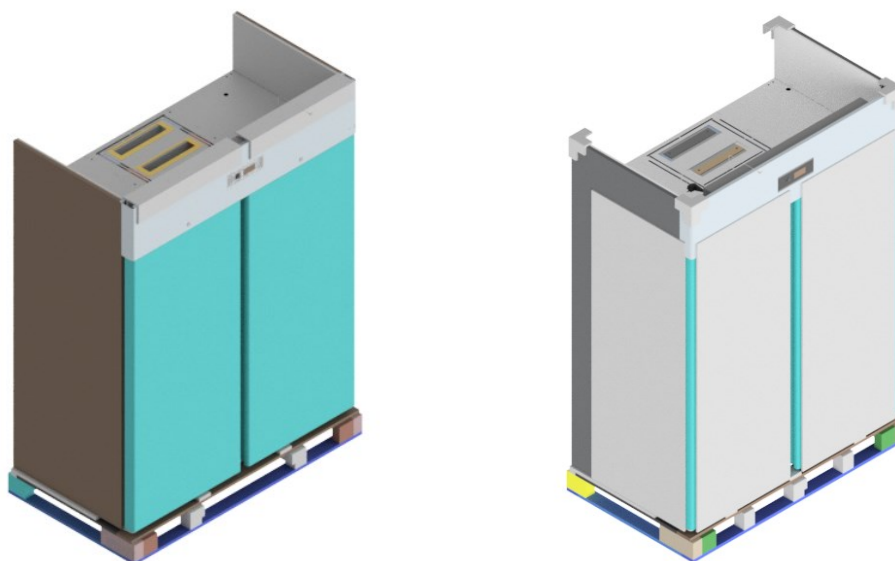


Figura 2.9

### **3. Punti di forza e punti di debolezza del processo di imballaggio attuale**

Prima di procedere con la proposta del nuovo processo di imballaggio, occorre analizzare in modo critico il sistema esistente. Per farlo occorre riconoscere gli aspetti positivi e le criticità riscontrate nell'analisi delle fasi e dei materiali.

#### **3.1 Punti di forza**

I punti di forza del processo attuale sono: assenza di un nuovo investimento, Know-how consolidato e utilizzo di materiali riciclabili.

##### **ASSENZA DI UN NUOVO INVESTIMENTO**

Ovviamente se l'operazione di imballaggio continuasse ad essere realizzata con le modalità attuali, l'azienda non si vedrebbe costretta ad effettuare un nuovo investimento. In questo modo sarebbe in grado di reagire agevolmente a diminuzioni repentine della domanda, come quella dovuta alla crisi economica causata dall'emergenza Covid-19.

##### **KNOW-HOW CONSOLIDATO**

Gli addetti al processo di imballaggio svolgono queste operazioni ormai da molti anni. Questo ha permesso loro di sviluppare un certo bagaglio di conoscenze e abilità. Quindi continuando ad utilizzare il metodo attuale l'azienda potrà evitare di investire tempo e risorse nella formazione del personale. Inoltre si ha la garanzia della qualità dell'imballo, si evitano quindi i costi da sostenere per sperimentare l'efficienza dell'imballo alternativo.

##### **UTILIZZO DI MATERIALI RICICLABILI**

Come già riportato nel capitolo precedente, vengono usati degli scatoloni di cartone per confezionare i frigoriferi. Il cartone è uno dei materiali più utilizzati nel settore del

packaging, data la possibilità di quest'ultimo di essere riciclato. L'utilizzo di questo permette all'azienda di mantenere un basso impatto ambientale.

### 3.2 Punti di debolezza

La ricerca dei punti di debolezza è la base di partenza di qualsiasi processo di miglioramento. In questo caso i limiti del sistema rilevati sono i seguenti: Bassa efficienza del lavoro, capacità produttiva limitata, problemi dovuti allo stoccaggio delle scatole, mancanza di standardizzazione, problemi dovuti ai materiali dell'imballo e problemi ergonomici.

#### BASSA EFFICIENZA DEL LAVORO

Attraverso la mappatura precisa delle fasi dell'operazione di imballaggio, è venuta fuori la presenza di attività non a valore. Sono dette non a valore tutte quelle attività che non apportano alcun valore aggiunto al prodotto, e che quindi non sono affatto necessarie. Esse, infatti, rappresentano degli sprechi e riducono l'efficienza dell'intera linea produttiva. Consideriamo ad esempio le fasi dell'imballaggio di un frigo a singola porta semplice.

<b>Tipologia prodotto</b>	Singola porta semplice
Fasi	Tempo assegnato [ $C_{min}$ ]
Prende polistirolo angolare	4
Posiziona polistirolo	4
Prende nastratrice	3
Applica nastro	5
Ripone nastratrice	3
Prende scatola	15
Prepara scatola	26
Posiziona scatola	18
Prende adesivo	10



Applica adesivo	17
<b>Attende operatore</b>	<b>34</b>
Mette scatola	20
Prende reggiatrice	5
Avvolge con reggia	17
Salda la reggia	10
Sposta la reggiatrice	5
Avvolge con reggia	16
Salda la reggia	10
Ripone reggiatrice	5
Prende carrello	22
Sollewa e sposta pacco per magazziniere	38
<b>Tempo totale</b>	<b>287</b>

*Tabella 3.1*

Evidenziata in giallo possiamo trovare la fase “attende operatore”, la quale corrisponde ad un tempo morto. Dovremmo infatti considerare che, data l’elevata altezza del frigorifero, per applicare la scatola non basterà l’operatore addetto all’imballaggio, ma sarà necessario l’intervento di un secondo operatore. Oltre allo spreco di tempo, questa situazione causerà dei problemi anche all’attività alla quale dovrebbe effettivamente dedicarsi il secondo operatore, perché esso sarà costretto ad una perdita di concentrazione.

#### CAPACITÀ PRODUTTIVA LIMITATA

Nei punti di forza è stata riportata la capacità di reagire ad una diminuzione della domanda, ma in caso di aumento della domanda, la linea produttiva, continuando a lavorare secondo le modalità attuali, non sarebbe in grado di produrre una quantità sufficiente di prodotti finiti. Questo causerebbe uno svantaggio nei confronti dei competitors.

## PROBLEMI DOVUTI ALLO STOCCAGGIO DELLE SCATOLE IMBALLO

L'aumento dei prezzi del mercato immobiliare ha reso indispensabile una gestione ottimale degli spazi. Come si può notare dalla figura 3.1, le scatole occupano uno spazio notevole all'interno dello stabilimento, e questo di certo ha un impatto economico per l'azienda.



*Figura 3.1 Deposito scatole imballo*

La presenza di una quantità così elevata di cartone, inoltre, fa sì che il rischio di incendio sia elevato. Infatti il rischio di incendio di una determinata attività risulta funzione della combustibilità dei materiali presenti nell'ambiente, della loro facilità di accensione e del potere calorifico di tali materiali combustibili, espresso in relazione alla dimensione delle superfici sulle quali sono collocati.

## ASSENZA DI STANDARDIZZAZIONE

Come è stato riportato nel primo capitolo, se consideriamo i materiali utilizzati per il packaging, dobbiamo distinguere sei famiglie di prodotti. Ad ogni famiglia sono assegnati diversi componenti per l'imballo e questo costringe l'azienda a gestire un gran numero di codici. A livello di processo invece i gruppi di prodotti considerati sono quattro. Questo significa che il processo potrebbe essere semplificato, così da permettere all'operatore di evitare di distinguere le famiglie di appartenenza dei prodotti, prima di procedere con l'operazione di imballaggio.

## PROBLEMI DOVUTI AI MATERIALI DELL'IMBALLO

Nonostante l'utilizzo del cartone sia una scelta ottima dal punto di vista ecologico e ambientale, esso potrebbe rappresentare un problema per certi aspetti. Uno di questi può essere la mancanza di visibilità del prodotto che si sta trasportando, infatti spesso i trasportatori sono portati a maneggiare gli armadi refrigerati con poca cura, e questo può causare il danneggiamento dei prodotti. Inoltre quando il cartone è soggetto ad urti abbastanza forti non riesce ad assorbire il colpo, che quindi danneggerà il prodotto contenuto al suo interno. Il danno causato dall'urto al prodotto non sarà visibile, perché la scatola resterà intatta. Un'ulteriore considerazione può essere fatta per quanto riguarda l'utilizzo di cartoni in ambienti umidi. Infatti la presenza di acqua potrebbe danneggiare irreversibilmente la scatola imballo.

## PROBLEMI ERGONOMICI

Nell'analisi del processo attuale sono stati rilevati alcuni lievi problemi ergonomici. Nella fase di applicazione della scatola imballo, per operatori con una statura inferiore ad 1,70 m, è venuta fuori una certa difficoltà nel collocare tale scatola al di sopra dell'armadio. Questo indica una mancanza di inclusività nel processo, perché si rende impossibile ad una categoria di persone l'esecuzione di tale fase.

### **3.3 Ergonomia**

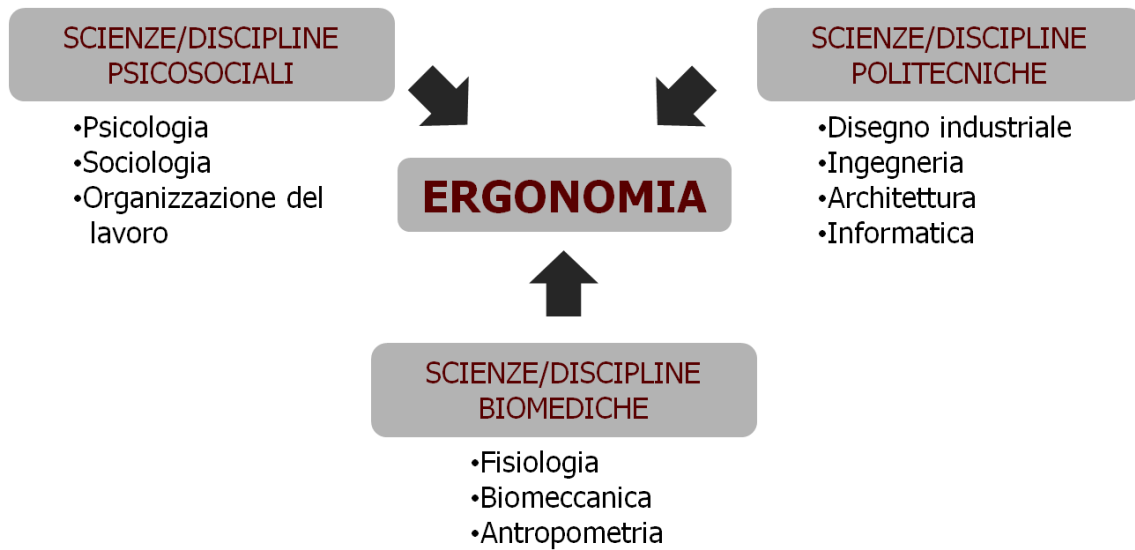
Tra le problematiche riscontrate nel processo attuale di packaging, sicuramente una delle più importanti risulta essere la presenza di operazioni critiche dal punto di vista ergonomico e posturale. Infatti la tutela del benessere degli operatori è uno degli aspetti fondamentali da tenere in considerazione all'interno di un'azienda, sia perché è essenziale garantire agli operatori delle buone condizioni di lavoro, sia perché queste condizioni portano ad un aumento della produttività e dell'efficienza all'interno di un processo, dando quindi anche un riscontro in termini economici.

Dopo un'indagine diretta rivolta agli operatori, si è deciso di approfondire la questione.

#### **3.3.1 Introduzione all'ergonomia**

Il termine ergonomia fu coniato negli anni '40, letteralmente significa norma del lavoro e deriva dai termini greci *ergon* (lavoro) e *nomos* (norma). Negli anni '50 si sviluppò principalmente nel settore militare e aeronautico. Negli anni '60 iniziò ad essere utilizzata nelle principali realtà industriali per controllare le condizioni di sicurezza e salute degli addetti a lavorazioni ad alto rischio. Dagli anni '90 fu applicata anche per migliorare il prodotto e i processi di progettazione e produzione. L'International Ergonomic Association propone la seguente definizione: "L'ergonomia è la disciplina scientifica che studia l'interazione tra gli individui e gli altri elementi di un sistema nello svolgimento di una determinata attività. Obiettivo dell'ergonomia è accrescere il benessere dell'uomo e la performance complessiva del sistema attraverso l'ottimizzazione della compatibilità uomo-sistema. L'esame progettuale dell'interazione uomo-sistema include: fattori fisici, cognitivi, sociali, organizzativi e ambientali".

La materia è molto complessa dato che al suo interno comprende una molteplicità di discipline, come l'ingegneria, la medicina, la psicologia e l'economia.



L'ergonomia si divide in tre diverse aree: l'ergonomia fisica, che riguarda aspetti biomeccanici antropometrici e anatomici, l'ergonomia cognitiva, che si occupa della percezione e dei processi mentali, e l'ergonomia organizzativa, nella quale si mira a ottimizzare l'interazione tra uomo e lavoro, andando ad agire sui processi e sulle strutture organizzative.

Le applicazioni dell'ergonomia sul lavoro hanno come scopo:

- Riduzione degli errori, incremento delle prestazioni e della sicurezza
- Aumento dell'affidabilità dei sistemi, riduzioni delle richieste e dei periodi di formazione degli operatori
- Miglioramento del confort, dell'ambiente di lavoro, riduzione di stress fatica e monotonia
- Aumento della produttività e riduzione che porta a miglioramenti dal punto di vista economico.

#### ANTROPOMETRIA

Una parte fondamentale dell'ergonomia fisica è rappresentata dall'antropometria, parola derivante dai termini greci anthropos (uomo) e metron (misura). Tale disciplina studia le caratteristiche dimensionali e fisiche del corpo umano, partendo dalla raccolta dei dati rilevabili sugli individui appartenenti a diversi gruppi di popolazioni.

I risultati forniti dall'antropometria sono le misure dei parametri fisici dell'uomo rilevate su campioni di individui, selezionati per rappresentare in che modo tali misure sono presenti all'interno di una popolazione data, e l'elaborazione dei dati indirizzata all'individuazione dei valori massimi medi e minimi di queste misure all'interno della popolazione scelta. Per ottenere dati antropometrici accurati e riproducibili, la norma UNI EN ISO 7250:2000 definisce degli standard per stabilire i punti di riferimento per le misurazioni. Si utilizzano tre piani anatomici di riferimento, quali il piano trasversale (xy), frontale (yz) e sagittale (xz).

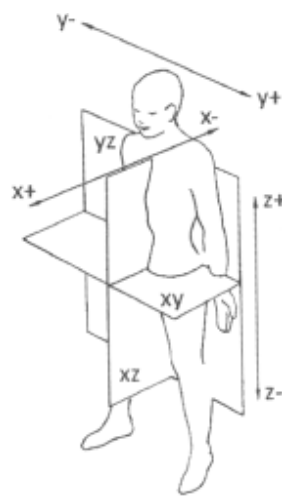


Figura 3.2

Le misure antropometriche si dividono in dimensioni statiche, come ad esempio altezza e lunghezza braccia, e dimensioni dinamiche o funzionali, che rappresentano gli spazi occupati durante i movimenti del corpo umano. Questi dati sono caratterizzati da una certa variabilità, che può essere di tre tipi

- Intra-individuale, causata dalle variazioni dimensionali che avvengono durante la vita dell'individuo e dipendono dall'età o da cambiamenti di condizioni di vita
- Inter-individuale, che dipende da sesso etnia e fattori sociali
- Secolare, causata da fattori genetici e ambientali.

Possono essere definiti degli insiemi di soggetti, detti popolazioni statistiche, che hanno in comune almeno una delle seguenti caratteristiche: sesso, classe di età, appartenenza professionale, legami genetici e appartenenza geografica.

Per ogni carattere considerato, ad esempio per la statura, i dati ottenuti all'interno di una popolazione statistica sono riportati su un grafico dove in ascissa troviamo i valori di tale carattere e sull'ordinata la loro frequenza. Le misure rilevate sono poi divise in cento parti percentuali, dette percentili.

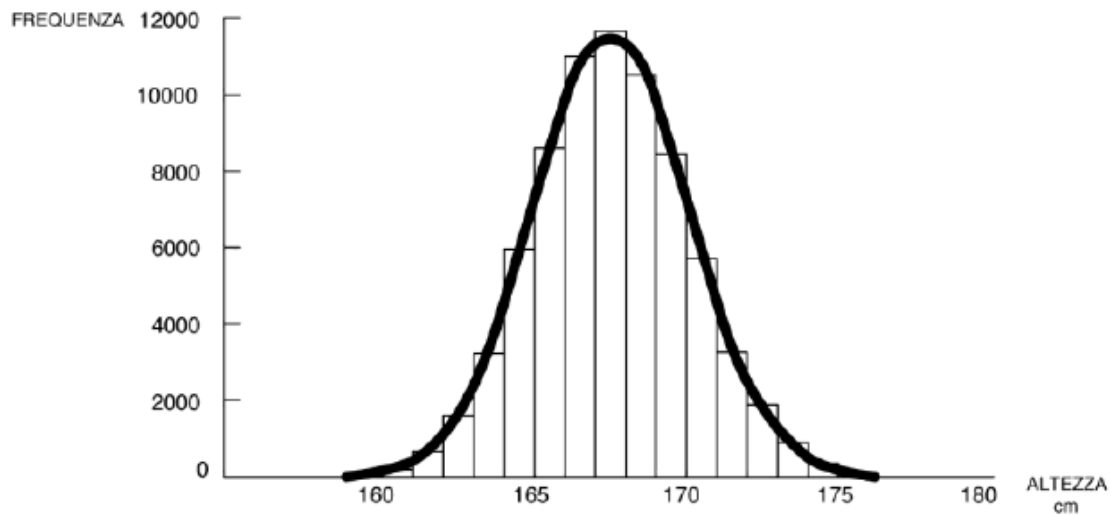


Grafico 3.1

Solitamente sono considerati soltanto i percentili dal quinto al novantacinquesimo. Uno dei principali impieghi dell'antropometria è la realizzazione dei manichini utili alle simulazioni sui software di analisi ergonomica.

#### BIOMECCANICA OCCUPAZIONALE

Alla base della valutazione ergonomica delle posture e dei movimenti c'è la biomeccanica occupazionale, il cui obiettivo è la descrizione quantitativa delle modalità di esecuzione del compito e del carico delle strutture muscolari e scheletriche. In questo modo permette l'individuazione del livello di rischio associato ad un certo lavoro. La biomeccanica contribuisce all'ergonomia valutando la correttezza della postura, la

fattibilità degli sforzi e l'accettabilità delle sollecitazioni e della fatica generata. Le misure utili all'analisi di movimento sono divise in misure cinematiche, dinamiche e stima delle forze. Il modello biomeccanico che si utilizza per studiare il movimento umano è costituito da parti rigide collegate tra loro tramite cerniere ideali. L'ampiezza massima dei movimenti è determinata a priori e dipende fortemente dalla popolazione statistica considerata nell'analisi.

Uno degli aspetti più importanti della biomeccanica è senza dubbio quello della postura, definita come orientamento delle varie parti del corpo rispetto al sistema ambiente. La postura corretta è quella che garantisce un minor carico sulle articolazioni ed un dispendio energetico ridotto al minimo.

I piani sagittale, frontale e trasversale sono utilizzati per definire gli angoli anatomici e rendono quindi possibile la definizione della posizione reciproca dei segmenti anatomici. Nel piano sagittale si ha flessione quando due segmenti adiacenti tendono ad avvicinarsi, mentre si ha estensione quando il movimento relativo tra di essi corrisponde ad un allontanamento. Nel piano frontale si è in presenza di abduzione se il segmento corporeo si allontana dal piano sagittale, mentre si ha adduzione quando si avvicina. Infine nel piano trasversale si ha rotazione esterna se il segmento ruota verso l'esterno del corpo, e rotazione interna se tende a ruotare verso l'interno del corpo.

Per valutare la postura abbiamo a disposizione metodi soggettivi, cioè basati su questionari diretti ai soggetti interessati, e metodi oggettivi, che devono rispettare dei protocolli stabiliti. Tra questi possiamo trovare il RULA, acronimo di Rapid Upper Limb Assessment, REBA (Rapid Entire Body Assessment) e OWAS (Working Posture Analysis System).

In particolare, si analizza il metodo RULA, che ha lo scopo di rilevare problemi posturali alla parte superiore del corpo, in relazione ai carichi applicati e quindi all'azione muscolare. Questo metodo si basa sulla definizione di punteggi e segue la procedura illustrata nella figura seguente.



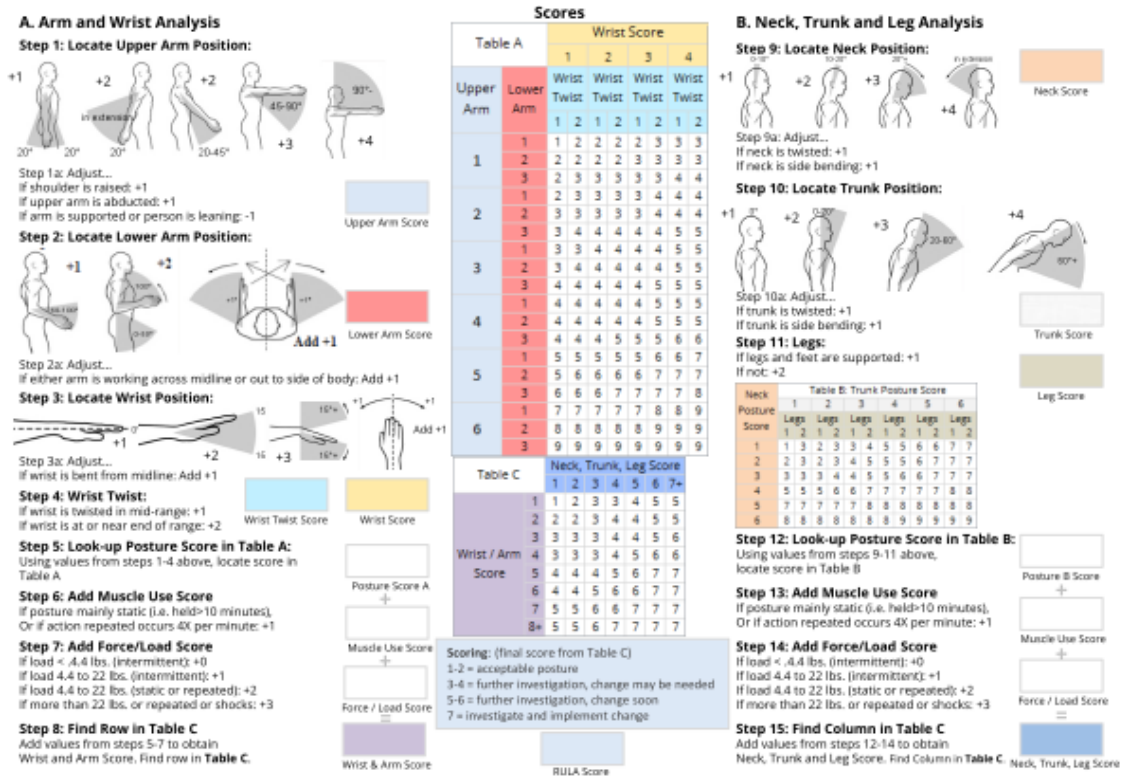


Figura 3.3

Una valutazione finale da 1 a 2 indica che la postura è accettabile, una tra 3, 4 e 5 indica che potrebbero essere richieste delle indagini ulteriori, una di 6 indica che sono necessarie delle modifiche e una valutazione pari a 7 indica che devono essere apportate al più presto delle modifiche.

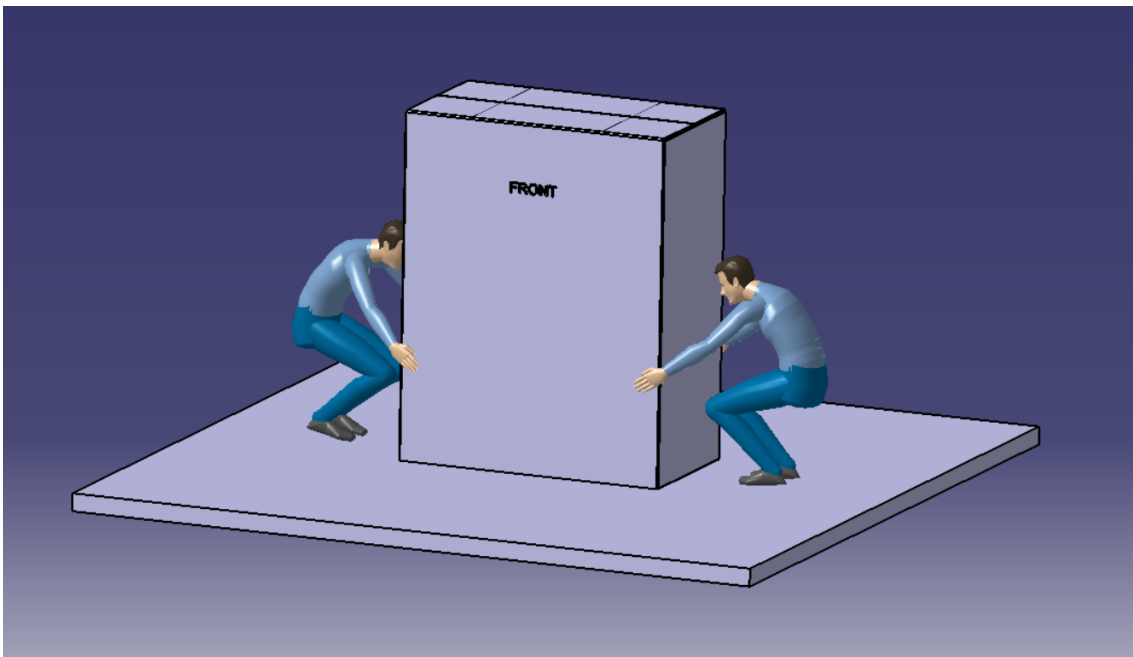
### 3.3.2 Analisi RULA su Catia

Il software Catia è una piattaforma CAD/CAE/CAM e contiene al suo interno un modulo sviluppato appositamente per l'analisi ergonomica. Per semplificare e rendere più oggettiva possibile l'analisi posturale delle fasi più critiche dell'operazione di assemblaggio, si è deciso di utilizzare tale programma. Come prima cosa è stato generato un manichino, appartenente ad una popolazione statistica di individui europei, adulti e di sesso maschile. Il punteggio finale che valuta la qualità della postura va da 0, nel caso in cui la postura sia perfetta, a 7, se la postura è scorretta ed è necessario apportare delle modifiche.

Le fasi più critiche sono state individuate nelle seguenti: fase di applicazione della scatola e fase di applicazione della reggia.

#### APPLICAZIONE DELLA SCATOLA

In questa fase sono presenti due situazioni in cui gli operatori hanno riscontrato delle posture non ottimali. La prima coincide con il sollevamento della scatola dal basso.

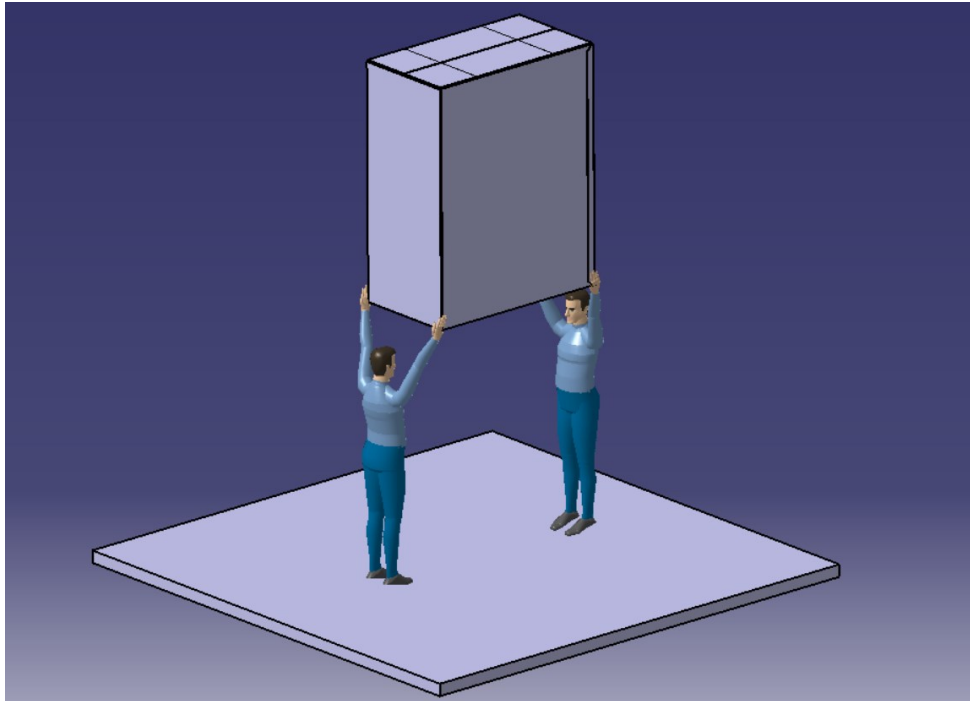


*Figura 3.4 Sollevamento scatola*

Una volta modellati i manichini e posizionati nell'ambiente, si è proceduto con l'analisi Rula, impostando i vari parametri utili all'analisi.

Il punteggio finale ottenuto per questa fase è pari a 5. Considerando comunque che si parla di una linea produttiva caratterizzata prevalentemente da lavoro manuale, tale valore è più che accettabile, anche se la fase potrebbe comunque essere migliorata dal punto di vista ergonomico.

L'altra azione sulla quale si è pensato di indagare è il posizionamento della scatola al di sopra dell'armadio refrigerato.

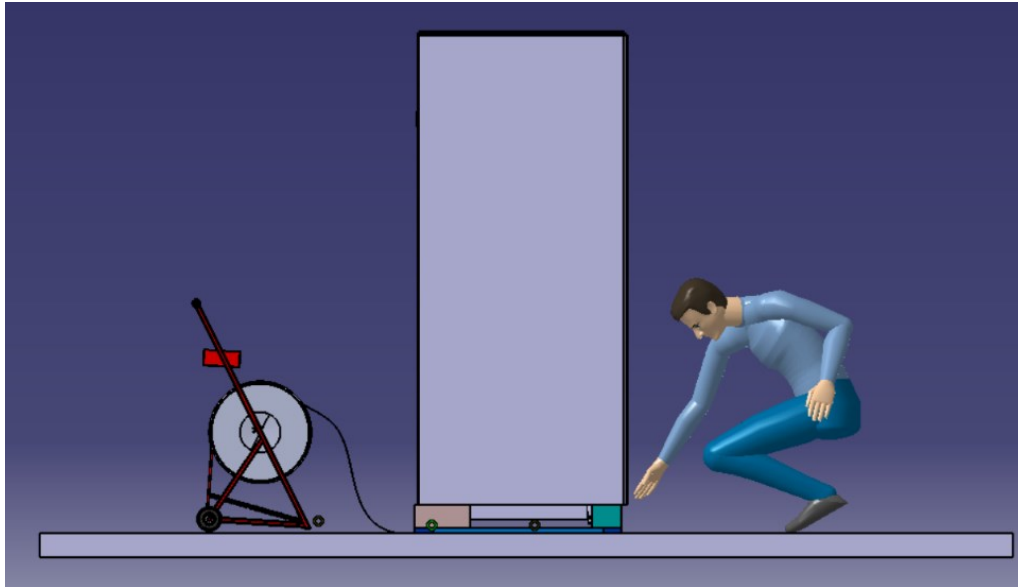


*Figura 3.5 Posizionamento scatola*

In questo caso il punteggio finale restituito dal software è 4. Anche qui dei miglioramenti sarebbero ben accetti, ma assolutamente non indispensabili.

#### APPLICAZIONE DELLA REGGIA

Anche in questa fase dell'operazione di imballaggio è venuta fuori un'azione non ottimale a livello di ergonomia, ovvero l'azione che l'operatore deve compiere per far passare la reggia sotto al frigorifero. Il punteggio finale è pari a 5 ed è anch'esso indice di una postura comunque corretta per una postazione di lavoro manuale, ma ottimizzabile.



*Figura 3.6 Applicazione reggia*

## **4. Proposta del sistema di imballaggio alternativo**

La proposta del sistema di imballaggio alternativo nasce dall'idea di superare i limiti e risolvere le problematiche riscontrate nel processo attuale, in modo da migliorare l'efficienza e l'ergonomia ed evitare gli sprechi, concetti che rientrano nella filosofia della cosiddetta lean production, della quale saranno illustrati i principi fondamentali.

### **4.1 Lean production**

La lean production o produzione snella, è un approccio che si concentra sulla semplificazione del lavoro e sull'eliminazione degli sprechi, generati dalle attività produttive che non creano valore, utilizzando comunque risorse. Tra queste attività possiamo trovare ad esempio movimenti superflui di persone e oggetti, procedure inutili, errori nella produzione, personale che resta in attesa del completamento di un'altra fase di lavorazione. Come dice il nome stesso, l'obiettivo di questa filosofia è snellire tutto il possibile all'interno dell'azienda, dai processi produttivi, a quelli gestionali e organizzativi.

I principi chiave della lean production sono 5:

#### **1. PRIMO PRINCIPIO: VALUE**

Bisogna partire dal concetto di valore, definito dal punto di vista del cliente. Infatti non tutte le attività svolte dall'azienda riescono ad aggiungere valore al prodotto. Tale attività sono definite non a valore e rappresentano degli sprechi, che quindi dovranno essere rimossi.

#### **2. SECONDO PRINCIPIO: MAP**

Definito il concetto di valore, bisogna ora puntare sulle attività che lo generano. Si procede infatti con la mappatura di tutte le attività, dalla progettazione alla produzione, in modo tale da individuare le attività inutili che non creano valore, le attività che invece lo generano, e le attività non a valore ma che sono comunque indispensabili.

#### **3. TERZO PRINCIPIO: FLOW**

Una volta che è chiaro il valore riconosciuto dal cliente e che sono state mappate tutte le attività, ci si dovrà concentrare sulla costruzione di un flusso continuo con le attività a valore. Per ottenere questo sarà necessario riorganizzare le operazioni, modificare gli impianti per ottimizzare il flusso e per eliminare tempi morti e scarti, selezionare e formare gli addetti ai lavori.

#### 4. QUARTO PRINCIPIO: PULL

Questo termine indica che i beni vengono prodotti a monte, solo quando vengono richiesti a valle dal cliente. In questo modo si evitano accumuli inutili di scorte sia per il produttore che per tutta la catena di fornitori. Attraverso la gestione pull si riesce a stabilizzare la domanda finale, in questo modo l'azienda non si vedrà costretta ad applicare campagne promozionali per smaltire le scorte.

#### 5. QUINTO PRINCIPIO: PERFECTION

I problemi dell'azienda quali sprechi ed inefficienze non possono essere eliminati immediatamente e tutti insieme. C'è bisogno quindi di un miglioramento continuo, attraverso il quale si punterà al raggiungimento della perfezione, che non verrà mai raggiunta effettivamente perché esisterà sempre il modo di migliorarsi ulteriormente. Questo miglioramento deriva molto spesso da tanti piccoli accorgimenti, ma anche da cambiamenti tecnologici ed organizzativi rilevanti.

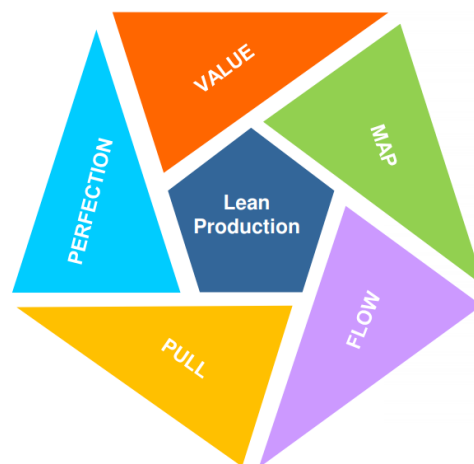


Figura 4.1

#### **4.1.1 Toyota production system (TPS)**

La filosofia della lean production vede la propria origine nel “Toyota Production System”, nato in Giappone negli anni '50 appunto nell'azienda automobilistica Toyota, presente nel settore delle automobili dal 1933. Gli ideatori di tale sistema sono stati il fondatore dell'industria Sakichi Toyoda, il figlio Kiichiro ed in particolare l'ingegnere meccanico Taiichi Ohno. All'inizio i cambiamenti furono applicati solo per la produzione dei motori, ma alla fine degli anni '70 riguardarono tutta la catena di fornitura

Il TPS nasce come alternativa alla produzione di massa e si basa sui principi fondamentali della produzione in serie, basata sulla catena di montaggio di Ford, nella quale, gli ingegneri giapponesi rilevarono un gran numero di sprechi e di attività non efficienti, come ad esempio mancanza di bilanciamento fra le stazioni, tempi morti ed elevate quantità di scorte che comportavano ingenti costi di giacenza.

Questo metodo di organizzazione della produzione viene ideato proprio per ottenere il massimo dalle risorse a disposizione, utilizzandole nel miglior modo possibile, in modo da incrementare notevolmente la produttività. Il TPS ha portato nel giro di qualche anno alla trasformazione dell'azienda nipponica da realtà artigianale a leader indiscusso del settore automobilistico.

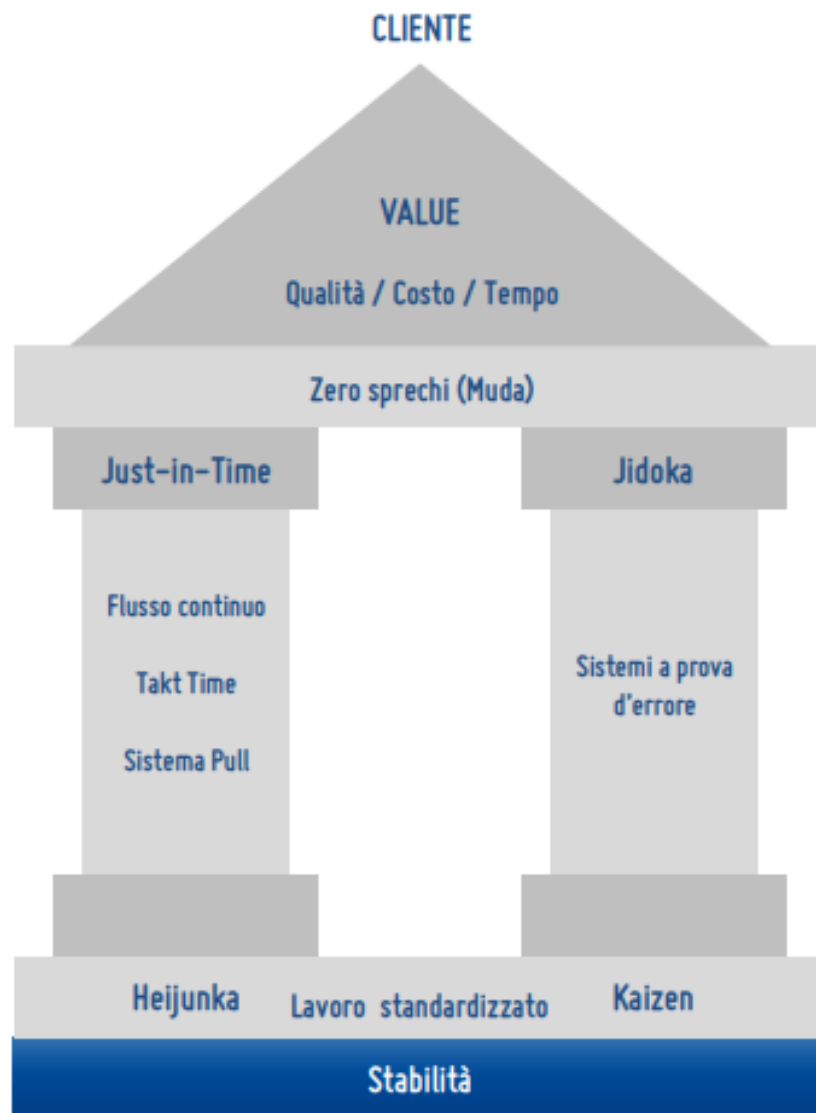


Figura 4.2

Come si può vedere dalla figura, il TPS può essere rappresentato da una “casa”.

Il primo pilastro è costituito dal metodo logistico e produttivo definito come “Just in time”. Come indica l’espressione stessa, agire secondo il JIT significa produrre solo quando è necessario, cioè solo quando si verifica una richiesta diretta da parte del cliente. In questo modo si riesce ad eliminare la maggior parte delle scorte, che come vedremo rappresentano uno spreco. Il Just in time è composto da tre elementi principali: il sistema pull, che consiste nell’organizzazione del flusso produttivo in base alla



domanda dei clienti, Il sistema One-Piece\_Flow, che permette di organizzare il flusso dei materiali “uno alla volta”, ed infine il Takt Time, definito dalla seguente formula,

$$T_t = \frac{T_a}{D}$$

Dove  $T_a$  rappresenta il tempo netto per lavorare e  $D$  la domanda del cliente.

Il secondo pilastro è il Jidoka, che si può tradurre come “automazione con un tocco umano”. L’obiettivo del Jidoka è la garanzia di avere prodotti di elevata qualità, e per farlo bisogna garantire la presenza di “intelligenza umana” nel sistema produttivo.

Le basi sono rappresentate dal livellamento (detto Heijunka) della produzione, che permette una risposta veloce ed efficiente alle richieste del mercato, dal lavoro standardizzato, e dal Kaizen, ovvero dal miglioramento continuo. Tale miglioramento deve arrivare “dal basso”, cioè devono essere gli operatori a prendere decisioni e a proporre suggerimenti.

L’obiettivo del sistema di produzione è ovviamente quello di raggiungere gli obiettivi indicati sul “tetto”, ovvero qualità massima, tempi minimi e prezzi contenuti. Per raggiungerli bisognerà operare in modo da eliminare i Muda, ovvero gli sprechi. Per farlo occorre quindi utilizzare un approccio basato sul Kaizen.

#### I SETTE SPRECHI (MUDA)

La parte più importante della filosofia Lean è senza dubbio la ricerca e l’eliminazione delle varie forme di spreco. Questo è composto da tutte le attività che utilizzano risorse ma non apportano alcun valore al prodotto. Ovviamente il primo passo per l’eliminazione dei Muda è l’individuazione e la classificazione di questi. Gli sprechi possono infatti essere raggruppati in sette tipologie:

##### 1. Sovraproduzione

La sovrapproduzione consiste nella produzione di una quantità di prodotti finiti, componenti o semilavorati maggiore rispetto alla richiesta del mercato. Ciò comporta l’utilizzo di risorse preziose e l’impiego di spazi per lo stoccaggio

all'interno degli impianti. Questo spreco è uno dei più difficili da eliminare perché dipende anche da fattori esterni all'azienda.

## 2. Attese

Questo tipo di spreco è uno dei più semplici da individuare, in quanto si manifesta quando l'operatore non può svolgere l'operazione alla quale è stato assegnato. È estremamente importante eliminarlo perché causa aumenti importanti del Lead Time e dell'inefficienza. Le attese possono essere causate da diversi fattori, tra i quali troviamo problemi con i macchinari, errori, e soprattutto un'errata progettazione di processo.

## 3. Trasporti

I trasporti sono sì indispensabili al processo di produzione, ma non comportano una trasformazione del prodotto, quindi rappresentano un'attività non a valore. In alcuni casi il trasporto si trasforma in spreco, come ad esempio quando il layout dell'impianto non è stato progettato correttamente, quando gli spazi occupati dalle linee sono eccessivi e non ottimizzati, o quando il lavoro non è organizzato secondo precise sequenze.

## 4. Processo

Quando la linea produttiva non è dotata di attrezzature idonee e gli operatori non sono abbastanza abili per ricoprire i ruoli che gli sono stati assegnati, si crea questo tipo di spreco. Ad esempio se rendo necessaria la presenza di un operatore per svolgere una determinata mansione che potrebbe essere svolta da un sistema automatico, sto sprecando risorse, in questo caso umane, che potrebbero essere utilizzate diversamente.

## 5. Scorte

Scorte è il termine che indica tutto ciò che resta in attesa di un qualcosa, come ad esempio una lavorazione successiva. Rappresenta quindi l'insieme dei materiali che abbiamo a disposizione ma dei quali non abbiamo attualmente bisogno. Tutto ciò che è prodotto in più rispetto alla domanda rappresenta uno spreco, sia di risorse economiche che di spazio. La movimentazione frequente di

scorte potrebbe generare ulteriori problemi, come il danneggiamento dei prodotti dovuto al trasporto. Inoltre il materiale che rimane per lunghi tempi in magazzino potrebbe andare incontro a problemi di obsolescenza.

#### 6. Movimenti inutili

Questa tipologia di spreco riguarda la movimentazione di materiali e lo spostamento delle persone all'interno dello stabilimento. Sono inutili tutti i movimenti che non sono necessari, dovuti ad una progettazione del layout non ottimale, impianti sovradimensionati e a fasi di lavoro non studiate al meglio dal punto di vista dell'ergonomia.

#### 7. Rilavorazioni

Le rilavorazioni sono quelle operazioni utili a correggere un difetto, e sono necessarie ogni volta che un prodotto risulta non idoneo alle specifiche di progetto. I difetti dunque rappresentano un grande spreco perché fanno aumentare in modo significativo il Lead Time. Inoltre se il pezzo difettoso non dovesse essere individuato durante il processo produttivo, esso arriverebbe al consumatore finale e l'immagine dell'azienda risulterebbe danneggiata. In più i difetti rilevati dal cliente fanno aumentare ulteriormente i costi perché l'azienda sarà costretta ad organizzarsi per gestire i reclami, i resi e le eventuali riparazioni.



Figura 4.3 Sprechi

Oltre ai Muda, la Lean Production ha l'obiettivo di ridurre anche i "Mura" e i "Muri".

Con il termine Mura si indicano le variazioni della domanda, che possono portare a momenti di sovraccarico del lavoro, o a momenti in cui la capacità produttiva risulta eccessiva rispetto alla domanda.

Muri invece rappresenta il sovraccarico delle risorse, in particolare di quelle umane, che può causare contusioni o problemi muscolari nel breve periodo, e nel tempo anche infortuni più seri e malattie professionali. Anche la mancanza di lavoro può generare delle problematiche come l'insoddisfazione degli operatori. Il sovraccarico dei macchinari può invece provocare problemi tecnici agli stessi, che possono portare a momenti in cui la linea rimane ferma, e costringono l'azienda a sostenere costi per la manutenzione straordinaria o per il cambio del macchinario. Bisogna quindi attuare tutti gli accorgimenti possibili che riducano il sovraccarico mantenendo costante la produttività.

## **4.2 Descrizione delle macrofasi**

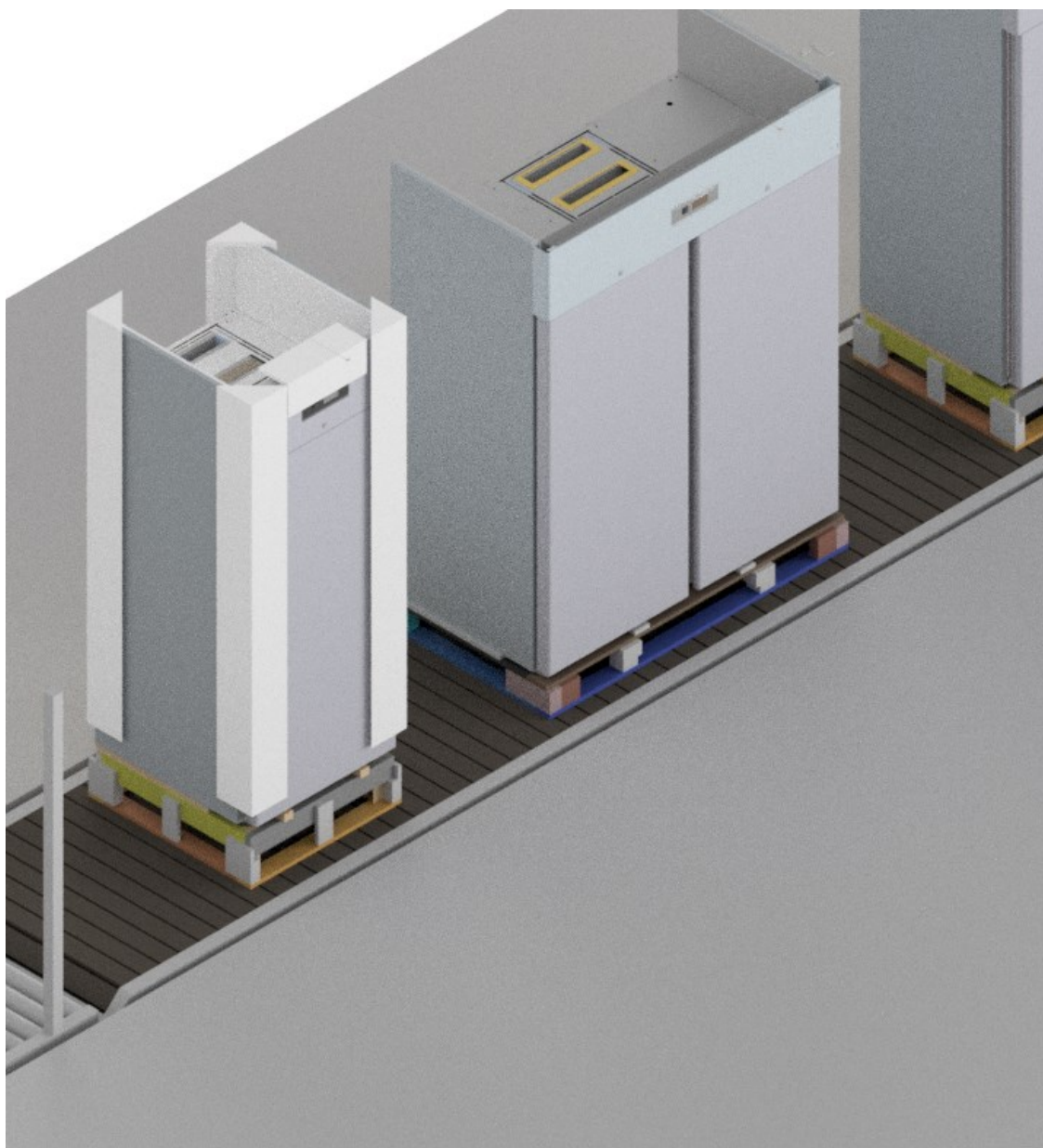
Si passa dunque all'effettiva descrizione del processo di imballaggio alternativo, partendo dai punti di debolezza individuati nel sistema attuale. La principale differenza con il sistema attuale è la presenza di un avvolgipallet automatico, che avvolgerà il prodotto con del film di polietilene.

Si inizia con una analisi delle macrofasi ipotizzate per il nuovo sistema, che sono in ordine pre-imballaggio, avvolgimento e deposito. Le operazioni al di fuori dell'imballaggio non saranno considerate, quindi si ipotizza che rimangano le stesse che si effettuano attualmente.

### **4.2.1 Pre-imballaggio**

La fase di pre-imballaggio consiste nell'applicazione delle protezioni in polistirolo sugli armadi refrigerati verticali. Il prodotto, come avviene nella fase attuale, arriva nella postazione di pre-imballaggio attraverso il sistema di movimentazione a tapparella esistente. Tale sistema è calpestabile, quindi l'operatore, che ha il completo controllo

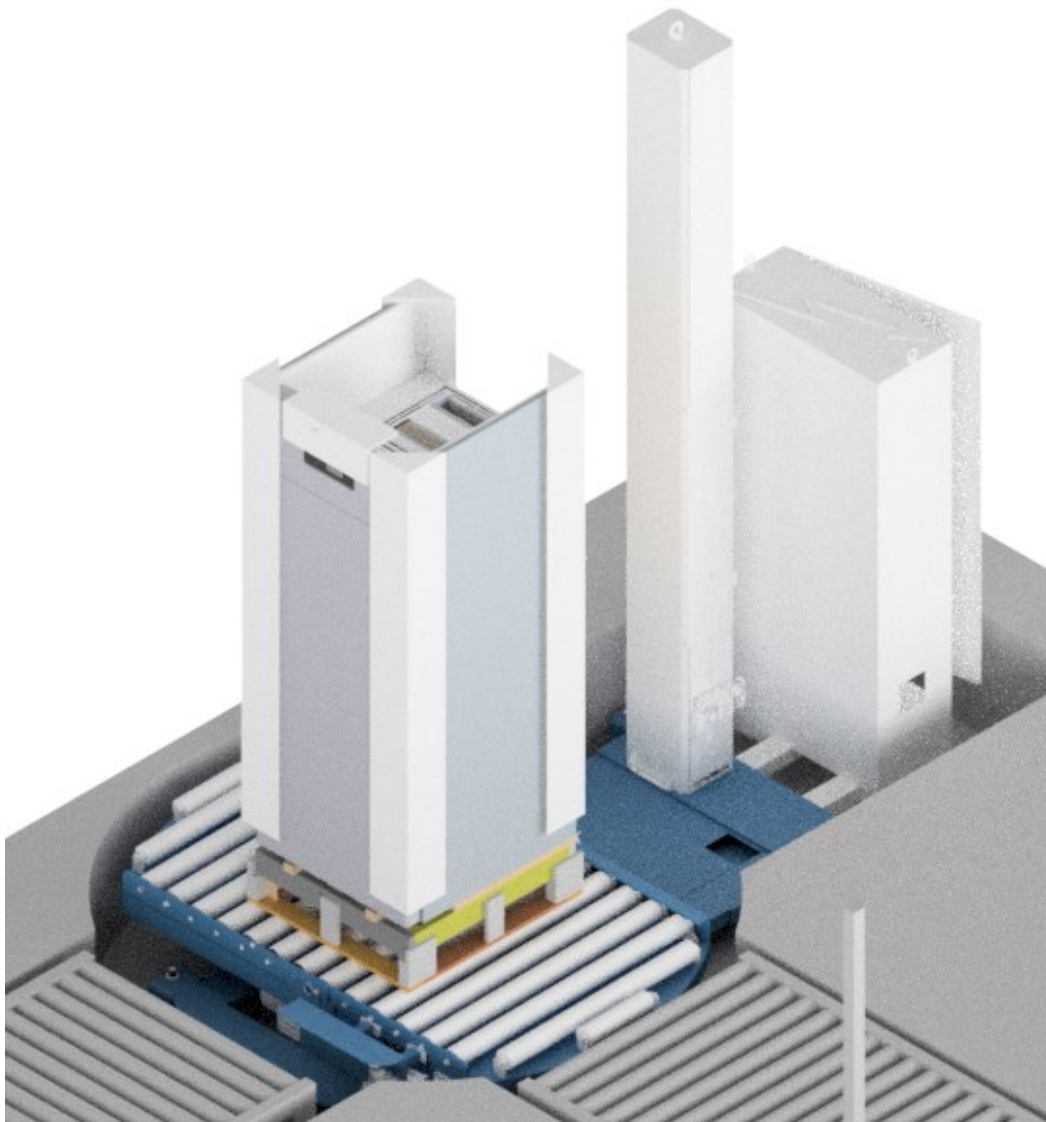
dell'attivazione della tapparella, può attraversarlo in totale sicurezza. In questo modo ha la possibilità di appoggiare le protezioni in polistirolo e di fissarle con del nastro adesivo, applicato con una nastratrice. Questa fase si effettuerà nella stessa postazione nella quale si effettuano le operazioni di assemblaggio degli accessori e di pulitura.



*Figura 4.4 Pre-imbballaggio*

#### 4.2.2 Avvolgimento automatico

In questa macrofase troviamo l'azione che distingue maggiormente il sistema attuale da quello proposto. Superata la macrofase del pre-imballaggio, l'operatore aziona manualmente il sistema di movimentazione a tapparella, permettendo al frigorifero di avvicinarsi alla rulliera di ingresso del macchinario. Il sensore di prossimità posizionato quindi su tale rulliera, si accorge dell'arrivo del prodotto e attiva la rotazione dei rulli. In questo modo il prodotto passa dal sistema a tapparella alla rulliera. Da qui in poi il processo diventa completamente automatico e l'operatore può dedicarsi al pre-imballaggio di un secondo armadio.



*Figura 4.5 Avvolgimento automatico*

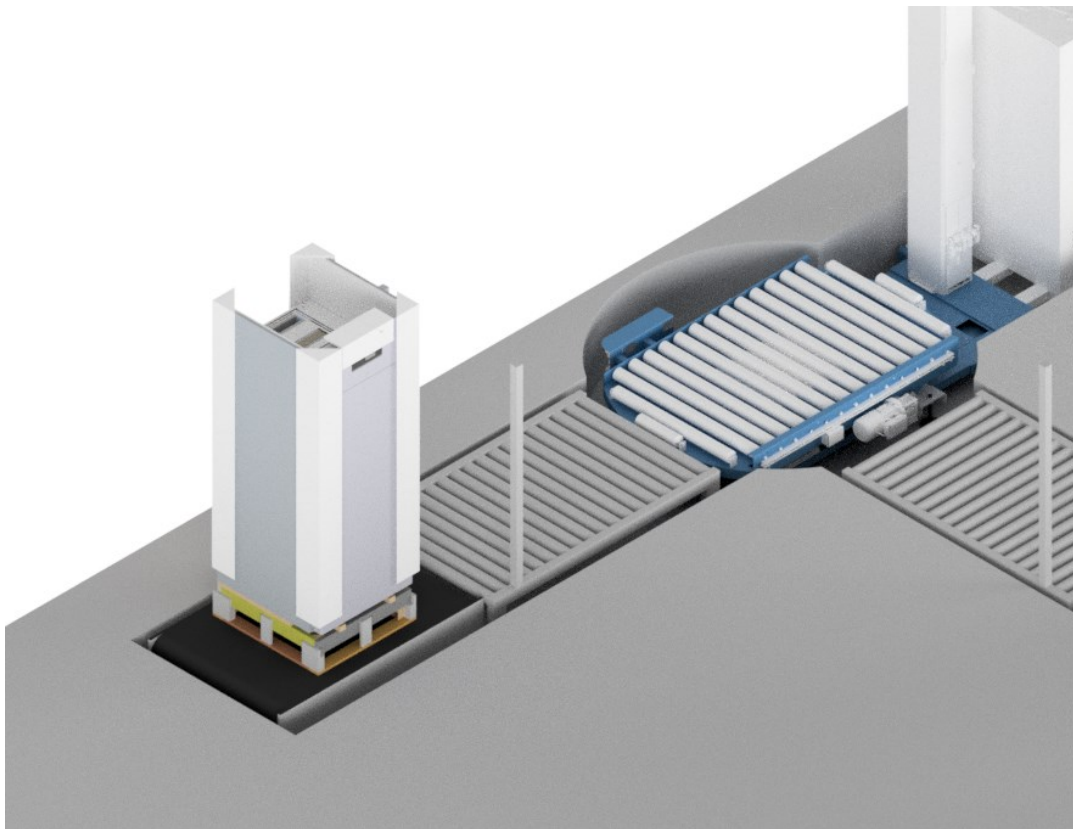
### 4.2.3 Deposito in zona di attesa

Il frigo avvolto dal film, attraversa la rulliera motorizzata di uscita di cui è dotato l'avvolgipallet. Il sistema di uscita della macchina è dotato di barriere di sicurezza, quindi non potrà essere attraversato in nessun modo. Per prelevare quindi il frigo avvolto dal film si è dovuto predisporre un ulteriore sistema di trasporto.

Per quanto riguarda questa macrofase sono state previste due diverse soluzioni:

#### SCARICO MANUALE

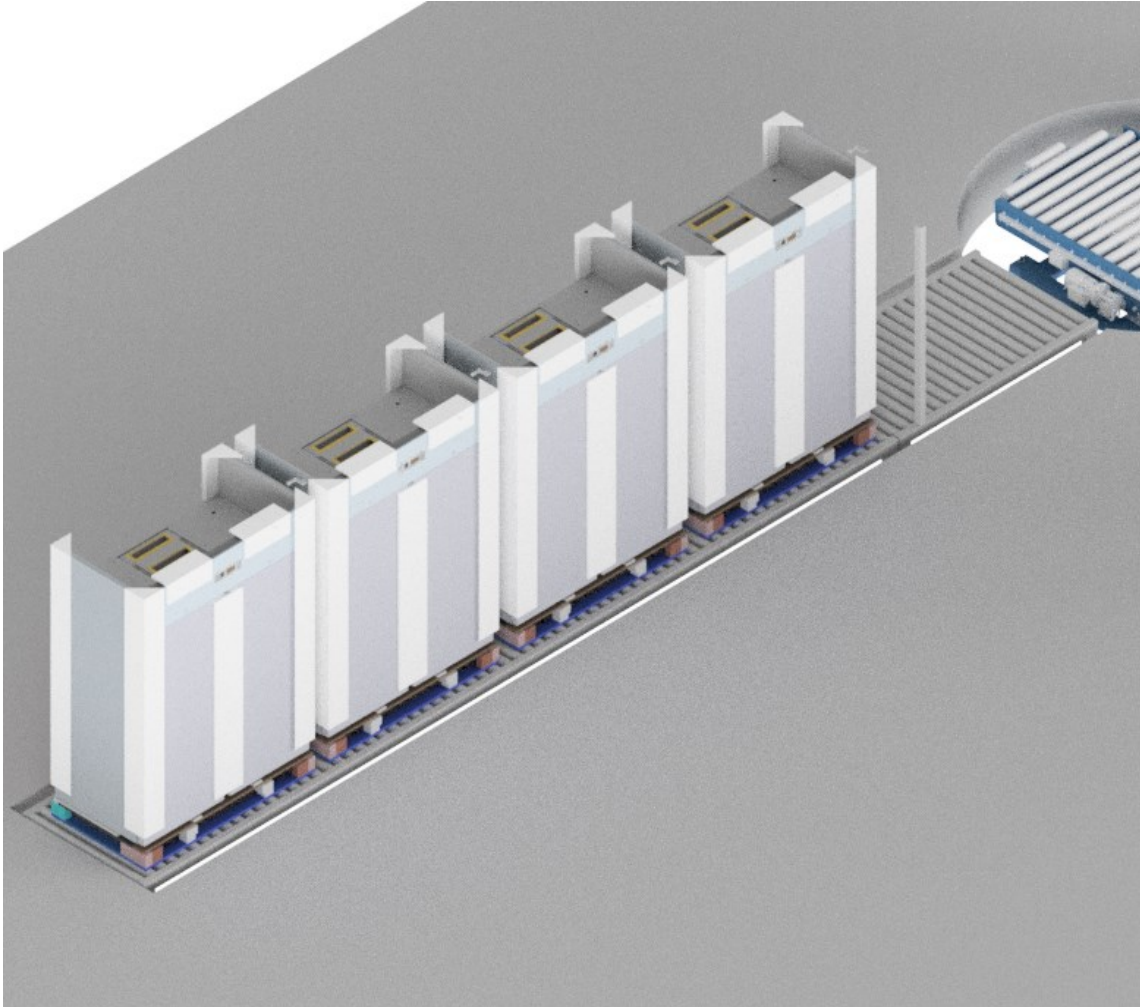
In questa prima opzione, l'armadio esce dal dispositivo di movimentazione della macchina grazie ad un sistema a tapparella. Si è scelto un sistema di questo tipo perché l'operatore deve prelevare il frigo manualmente, utilizzando un transpallet, quindi il sistema deve essere calpestabile. Una volta prelevato, il prodotto viene depositato in un'apposita zona, dalla quale viene poi ritirato e portato nel magazzino dei prodotti finiti.



*Figura 4.6 Scarico manuale*

## USCITA CON ACCUMULO

In questo caso non c'è bisogno che l'operatore sposti manualmente i prodotti nella zona di deposito, in quanto sono accumulati direttamente sul sistema di uscita dell'impianto. Da questa zona poi sono prelevati direttamente dall'addetto al magazzino dei prodotti finiti.



*Figura 4.7 Uscita con accumulo*

Ovviamente la soluzione con accumulo risulterà più onerosa in termini di investimento, ma farà risparmiare tempo alla linea. Nel capitolo 5 sarà analizzata in dettaglio la convenienza economica delle due soluzioni.



### 4.3 Tempi e fasi

Si analizzano ora nel dettaglio tutte le fasi del processo proposto e i tempi assegnati a ciascuna fase. Per la determinazione dei tempi assegnati, è stata svolta una simulazione fisica delle operazioni manuali e della fase di avvolgimento.

#### SCARICO MANUALE

<b>Tipologia prodotto</b>	Doppia porta
<b>Fasi</b>	tempo assegnato $C_{min}$
Prende 4 polistiroli verticali	16
Posiziona polistiroli verticali	15
Prende 2 polistiroli orizzontali	10
Posiziona polistiroli orizzontali	8
Prende polistirolo porta	15
Posiziona polistirolo porta	10
Prende nastratrice	15
Applica nastro	21
Avvia tapparella	15
<b>Avvolgimento frigo (tempo macchina)</b>	<b>120</b>
Prende adesivo	15
Applica adesivo	6
Prende carrello	12
Posiziona in zona di scarico	35
Torna il linea	10
<b>Tempo totale</b>	<b>203</b>

Tabella 4.1

<b>Tipologia prodotto</b>	Singola porta
<b>Fasi</b>	tempo assegnato $C_{min}$
Prende 4 polistiroli verticali	16
Posiziona polistiroli verticali	15

Prende 1 polistirolo orizzontale	10
Posiziona polistirolo orizzontale	7
Prende nastratrice	15
Applica nastro	16
Avvia tapparella	15
<b>Avvolgimento frigo (tempo macchina)</b>	<b>120</b>
Prende adesivo	15
Applica adesivo	6
Prende carrello	12
Posiziona in zona di scarico	35
Torna in linea	10
	172

Tabella 4.2

#### USCITA CON ACCUMULO

<b>Tipologia prodotto</b>	Doppia porta
Fasi	tempo assegnato $C_{min}$
Prende 4 polistiroli verticali	16
Posiziona polistiroli verticali	15
Prende 2 polistiroli orizzontali	10
Posiziona polistiroli orizzontali	8
Prende polistirolo porta	15
Posiziona polistirolo porta	10
Prende nastratrice	15
Applica nastro	21
Avvia tapparella	15
<b>Avvolgimento frigo (tempo macchina)</b>	<b>120</b>
Prende adesivo	15

Applica adesivo	6
<b>Tempo totale</b>	146

Tabella 4.3

<b>Tipologia prodotto</b>	Singola porta
<b>Fasi</b>	tempo assegnato $C_{min}$
Prende 4 polistiroli verticali	16
Posiziona polistiroli verticali	15
Prende 1 polistirolo orizzontale	10
Posiziona polistirolo orizzontale	7
Prende nastratrice	15
Applica nastro	16
Avvia tapparella	15
<b>Avvolgimento frigo (tempo macchina)</b>	<b>120</b>
Prende adesivo	15
Applica adesivo	6
	115

Tabella 4.4

È importante sottolineare che i 120 centesimi di minuto derivanti dal tempo macchina (fase evidenziata in giallo nelle tabelle) non sono stati inseriti nel tempo totale, perché in questo tempo la macchina lavora automaticamente e l'operatore può dedicarsi al pre-imbballaggio del prodotto successivo. È quindi un tempo che si sovrappone al tempo di lavoro manuale dell'operatore e per tanto non va considerato.

#### 4.3.1 Miglioramenti previsti

Con questo tipo di processo si è riuscirebbe a migliorare l'efficienza dell'operazione di assemblaggio, in quanto il tempo totale dell'operazione sarà ridotto notevolmente. In questo modo aumenterebbe anche la capacità produttiva della linea. Inoltre sarà possibile eliminare la fase "Attende operatore" (vedi tabella 3.1), la quale corrisponde ad un tempo morto e costringe un altro operatore ad intervenire.

Anche a livello di ergonomia ci sarebbero dei miglioramenti poiché verrebbero eliminate le fasi più critiche, ovvero l'applicazione della scatola imballo e la reggiatura.

Si può notare anche che, rispetto alla situazione attuale, dove ho quattro gruppi di prodotti, con la soluzione proposta ne ho solo due. Questo porta ad una maggiore standardizzazione del processo.

#### 4.4 Materiali utilizzati

Nella situazione attuale, dal punto di vista dei materiali utilizzati per il packaging, si possono dividere i prodotti in 6 gruppi, ad ognuno dei quali è applicata la stessa combinazione di materiali. Utilizzando la soluzione proposta invece, si dovrà distinguere solo due famiglie di prodotti, ovvero i singola porta e i doppia porta.

Le scatole imballo saranno eliminate, con tutti i limiti associati ad esse.

I polistiroli previsti sono stati progettati in modo da garantire facilità di applicazione, costi contenuti, e una buona protezione, anche se questa dovrà essere verificata attraverso test sperimentali.

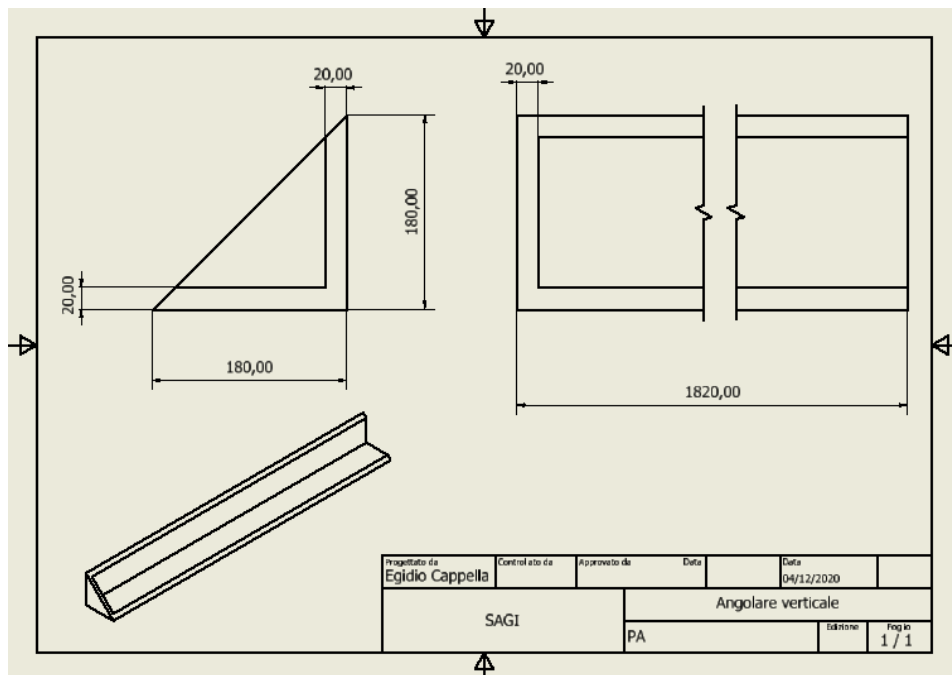


Figura 4.8

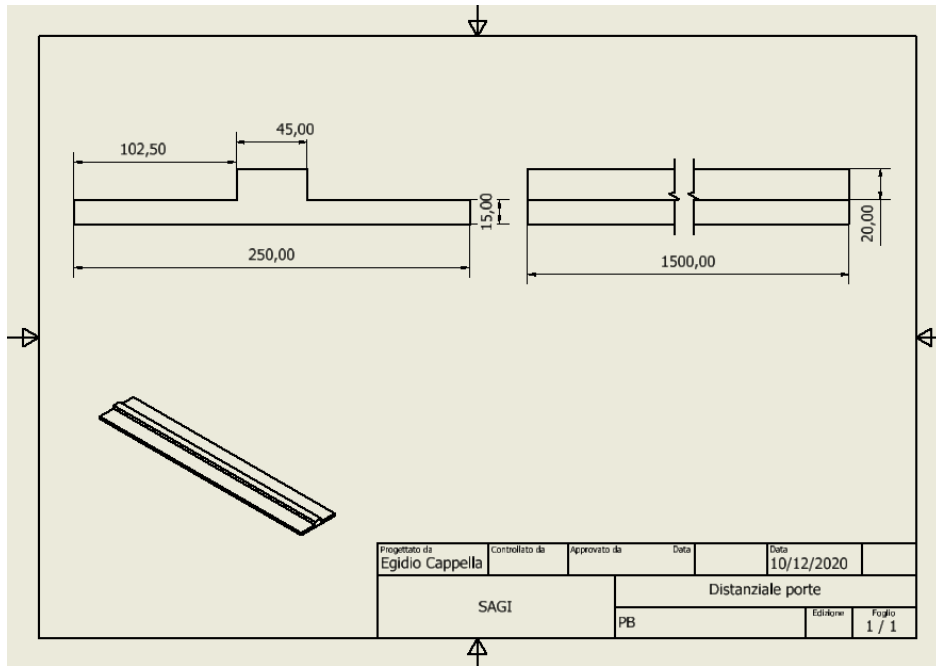


Figura 4.9

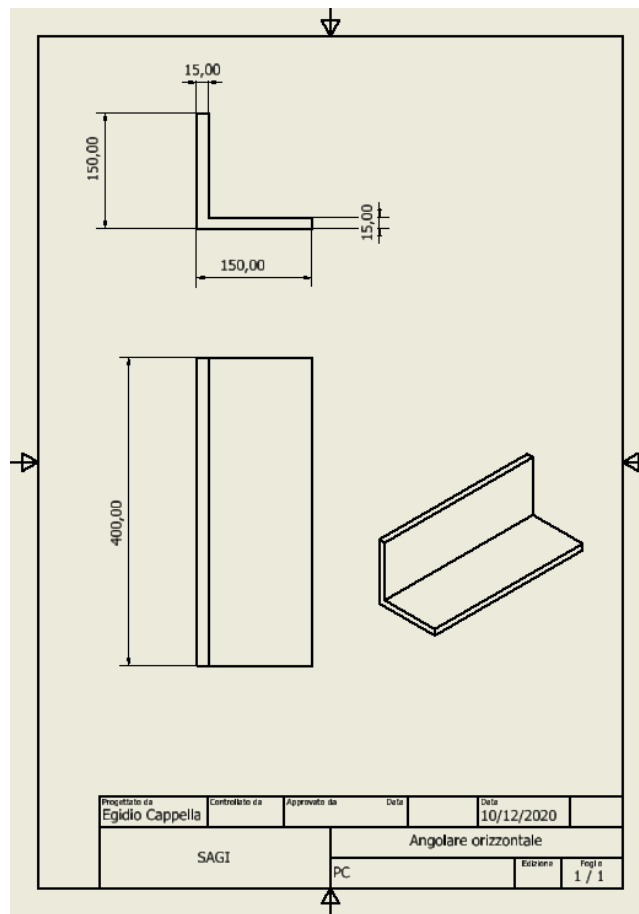


Figura 4.10

La densità prevista del polistirolo è di  $25\text{kg/m}^3$ . In pratica sul doppia porta sanno applicati 4 protezioni verticali (PA), 2 orizzontali (PC) e una frontale verticale (PB), mentre su singola porta 4 protezioni verticali (PA) e una orizzontale (PC)

In figura si possono osservare inoltre i prototipi dei polistiroli realizzati a mano per simulare il processo.



*Figura 4.11 Prototipi polistiroli*

Per quanto riguarda il materiale per l'avvolgimento è stato scelto un film trasparente di polietilene. Questo film viene stirato a freddo e avvolto attorno al prodotto, in modo che, non appena cessa la forza di stiro, il ritorno elastico garantisce una forza di serraggio sull'imballo. Il polietilene è un polimero composto da atomi di carbonio e idrogeno, che attraverso processi di polimerizzazione viene sintetizzato dall'etilene. Esistono due tipi di polietilene, distinti in base alla struttura molecolare: lineare e ramificato. Quello più utilizzato nel settore degli imballaggi è il polietilene lineare LLDPE, poiché è quello dotato di maggior elasticità e rigidità.

È stato selezionato un film di spessore notevole, ovvero di 35 $\mu$ m, il quale dovrebbe garantire una buona tenuta tra la base imballo in legno ed il frigorifero, anche se questo deve essere verificato attraverso prove sperimentali future.

#### **4.4.1 Miglioramenti previsti**

Il primo miglioramento previsto è l'eliminazione dello spazio adibito allo stoccaggio delle scatole imballo. Oltre ad ottimizzare gli spazi, la rimozione delle scatole consente di abbassare il rischio di incendio, dato che quest'ultimo dipende anche dalla quantità di materiali combustibili contenuti nello stabilimento. Eliminare i cartoni significa anche eliminare codici, facilitando dunque la gestione.

Un secondo miglioramento si può ritrovare nel fatto che, come già detto, i gruppi di prodotti che utilizzano la stessa combinazione di polistiroli sarebbe pari a due. Questo porterebbe ad una migliore standardizzazione del lavoro.

La trasparenza del film permette all'addetto al trasporto di vedere il prodotto che sta maneggiando, quindi avrà maggiore cura nel farlo. Inoltre qualsiasi difetto dovuto a movimentazione e trasporto potrà essere individuato prima della consegna al cliente, in modo tale da evitare danni di immagine e spese dovute alla riparazione o al cambio del prodotto danneggiato.

## 4.6 Macchinario proposto

Dopo un'accurata ricerca di macchinari automatici idonei all'avvolgimento dei frigoriferi, si propone il P60, avvolgitore automatico a piattaforma rotante offerto dalla Technowrapp srl.



*Figura 4.12 P60 Technowrapp*

La macchina presenta le seguenti caratteristiche:

- velocità di avvolgimento massima: 18 giri al minuto
- carrello di prestiro elettronico (fino al 340%) con dinamo tachimetria, il sistema che permette di distribuire uniformemente sul prodotto la forza di contenimento esercitata dal film



- dispositivo di taglio e saldatura del film a temperatura controllata, che garantisce una tenuta resistente nel tempo
- Display touchscreen con interfaccia GUI (Graphical User Interface)

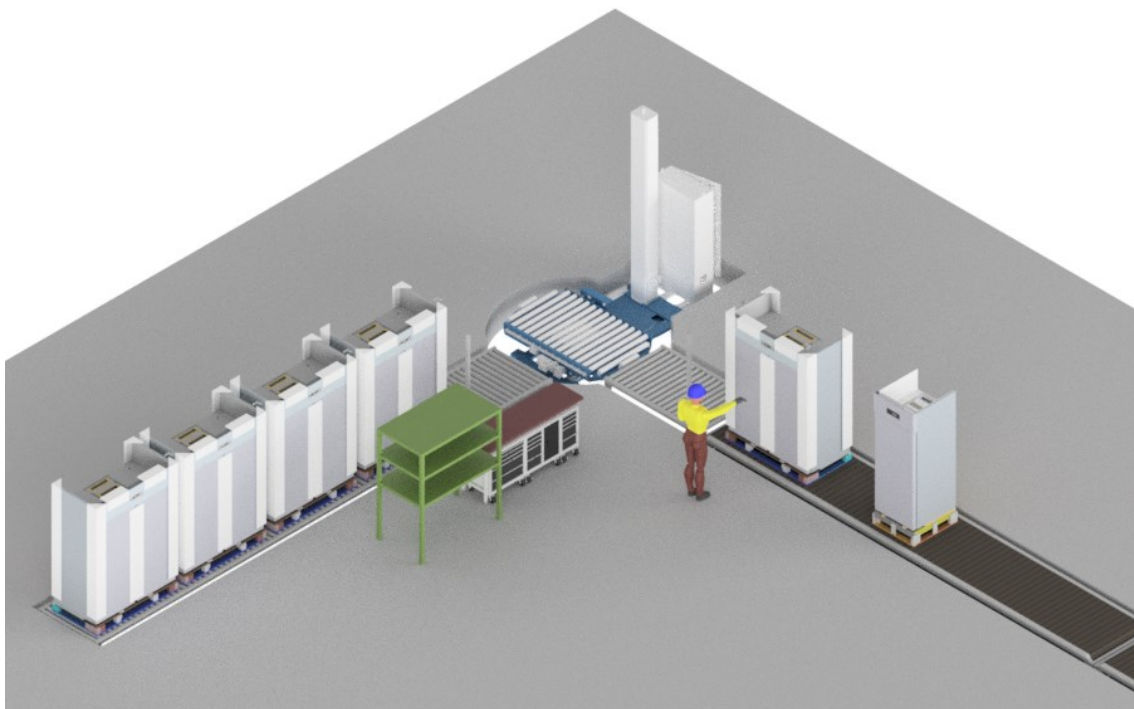
Una volta individuato il macchinario, sono state effettuate delle prove per verificare la fattibilità dell'avvolgimento degli armadi refrigerati



*Figura 4.13 Frigorifero avvolto*

## 4.5 Layout proposto

Per la progettazione del layout della nuova zona di imballaggio si parte da quello già esistente. Si riutilizzerà infatti il sistema di movimentazione presente nell'impianto, che collega tutta la linea di assemblaggio dei frigoriferi verticali. Tutte le altre operazioni non saranno considerate, quindi si immagina che rimangano nella configurazione attuale. Per ottimizzare gli spazi, si è deciso di utilizzare una disposizione ad L, cioè con uscita a 90 gradi. Per ragioni ergonomiche, tutto il sistema rimarrà comunque a filo pavimento, in modo tale da consentire all'operatore di lavorare nel migliore dei modi.



*Figura 4.14*

## **5. Analisi dei costi e dell'investimento**

### **5.1 Costi industriali**

La contabilità industriale è la metodologia che permette di rilevare imputare ed analizzare i costi e i ricavi di una qualsiasi impresa. I principali obiettivi sono:

- Controllo dell'efficienza attraverso un confronto tra costi preventivati e costi effettivamente sostenuti
- Definizione del prezzo dei prodotti, in modo da garantire la copertura dei costi sostenuti per realizzarli
- Orientazione delle decisioni aziendali, che possono riguardare problemi come la sostituzione di un macchinario, la riprogettazione di un sistema produttivo o l'accettazione di ordini.

Esistono due tecniche differenti di contabilità industriale: full costing e direct costing. La prima si basa sull'ipotesi che il costo totale di un prodotto derivi da tutti i fattori impiegati per realizzarlo, la seconda invece attribuisce al prodotto soltanto i costi variabili, ovvero quelli che cambiano al variare della quantità prodotta.

#### **5.1.1 Costi fissi e variabili**

I costi possono essere divisi secondo diversi criteri. Uno di questi è il comportamento rispetto alla quantità prodotta, che distingue costi variabili e fissi. Il costo totale sarà dunque dato dalla somma tra costi variabili moltiplicati per la quantità prodotta, e costi fissi.

##### **COSTI VARIABILI**

Aumentano con la quantità prodotta e sono assenti se non c'è produzione. Tra questi possiamo trovare le materie prime e la manodopera diretta. L'aumento di tali costi rispetto alla quantità prodotta può essere lineare, progressivo o regressivo.

##### **COSTI FISSI**

Restano costanti all'aumentare del volume di produzione. Tra questi si possono trovare ad esempio gli ammortamenti.

### **5.1.2 Costi diretti e indiretti**

Un altro criterio di classificazione è la modalità di attribuzione del costo, che li distingue in diretti ed indiretti.

#### **COSTI DIRETTI**

Possono essere attribuiti in modo certo ad un determinato oggetto di costo, che può essere ad esempio una linea o un prodotto. Sono quindi imputabili misurando direttamente la quantità del fattore utilizzato, che moltiplicata per il costo unitario di tale fattore determina il costo diretto. Si possono distinguere tre tipologie:

- Costi dei materiali

Rappresentano il costo delle materie prime impiegate direttamente nella realizzazione del prodotto.

- Costi di lavoro diretto

Sono i costi che dipendono dalla quantità di lavoro diretta impiegata per produrre il bene.

- Costi diretti diversi

Includono tutti i costi diretti non contenuti all'interno delle due tipologie precedenti, come ad esempio lavorazioni eseguite da terzi, energia elettrica, manutenzione delle macchine, ma solo se direttamente imputabili all'oggetto di costo.

#### **COSTI INDIRETTI**

Rappresentano quei costi che non possono essere direttamente imputati all'oggetto di costo in questione. Tra questi possiamo trovare quelli di amministrazione, ricerca e sviluppo, magazzino e pulizia. Per attribuire tali costi è necessario definire delle tecniche di ripartizione, che possono essere su base unica, quando si utilizza un solo criterio di

ripartizione, o su base multipla, se vengono utilizzati più criteri. Si possono classificare in quattro gruppi:

- Costi generali di amministrazione

Tra questi sono inclusi lo stipendio di dirigenti ed impiegati, le spese di illuminazione e riscaldamento degli uffici, le spese di cancelleria e le spese legali.

- Costi generali commerciali

Sono imputabili a tutte le attività dell'area commerciale. Al loro interno si possono trovare le spese di marketing, le retribuzioni dei venditori e degli impiegati.

- Costi generali aziendali

Comprendono ad esempio gli oneri finanziari, tasse e imposte, compensi del direttore generale e del consiglio di amministrazione.

- Costi generali di produzione

Sono quei costi industriali da sostenere per rendere fattibili le attività produttive.

Questi si dividono a loro volta in diverse tipologie:

Costi di lavoro indiretto, ovvero le spese per il personale non incluse tra quelle dirette, come ad esempio le spese per gli addetti ai magazzini e alla sorveglianza, alla pulizia.

Costi dei materiali indiretti, cioè di quei materiali che non fanno parte del prodotto finito.

Costi dei mezzi di servizio, come energia elettrica, acqua, aria compressa, anche se, qualora fosse possibile quantificare il consumo per ciascun prodotto, andrebbero inseriti tra i costi diretti.

Costi di manutenzione ordinaria

Ammortamenti, ovvero i costi che tengono conto del deperimento tecnico di un bene.

Costi per uffici tecnici, come progetti e studi di fattibilità

Oneri e assistenza sociale.

La classificazione tra costi diretti e indiretti non è così scontata, in quanto un costo può essere diretto per un determinato oggetto di costo, ma indiretto per un altro. Per determinare il costo totale di un oggetto è necessario quindi ripartire i costi indiretti, e per farlo si può agire secondo il metodo della base multipla o della base unica.

#### METODO DELLA BASE UNICA

Utilizzare quest'ultimo significa attribuire i costi indiretti ad un prodotto basandosi su un solo fattore, che può essere di diversi tipi:

- Costo della manodopera diretta: si usa quando questa voce è rilevante e c'è una certa omogeneità tra le remunerazioni degli operatori
- Costo delle materie prime: si utilizza quando la spesa per le materie prime è la più importante
- Costo primo: è la somma dei primi due. Viene utilizzato quando la rilevanza dei costi della manodopera e dei materiali è simile.
- Ore macchina: utile nel caso in cui i costi generali industriali sono strettamente legati al funzionamento dei macchinari
- Quantità delle materie prime: rispetto al costo delle materie prime, questo fattore non risente delle oscillazioni dei prezzi dei materiali, ma può essere utilizzato solo nel caso in cui le materie prime siano omogenee
- Quantità della manodopera diretta: la ripartizione basata su tale fattore è simile a quella basata sul costo della manodopera diretta, ma viene utilizzata se il calcolo del salario orario medio risulta essere complesso.

#### METODO DELLA BASE MULTIPLA

Trova impiego in quanto il metodo della base unica non risulta essere troppo preciso. Consiste nell'imputazione dei costi indiretti attraverso una combinazione di fattori. In pratica si classificano le spese generali di produzione in più gruppi, e per ogni gruppo si utilizza un diverso fattore di ripartizione.

### **5.1.3 Centri di costo**

Attribuire direttamente i costi ai singoli prodotti risulta spesso impossibile, o comunque complicato. Nasce dunque l'esigenza di definire delle unità contabili, all'interno delle quali vengono raggruppati i costi, che saranno quindi in un primo momento attribuiti ai centri di costo e successivamente ai singoli prodotti. Esempi di centri di costo possono essere reparti, linee e macchinari singoli. Nella pratica servono a localizzare i costi diretti del centro stesso, ma anche ad imputare correttamente i costi indiretti. Le dimensioni dei centri di costo devono essere scelte correttamente. Solitamente rappresentano interi reparti, ma se sono troppo grandi vengono frazionati in più centri. Il frazionamento però deve essere contenuto per evitare un'eccessiva complessità di gestione. Per garantire una corretta ripartizione, l'azienda viene suddivisa in area acquisti, produzione, vendite, amministrazione e affari generali. All'interno di queste aree vengono definiti i centri di costo, che possono essere principali o accessori. Sono definiti principali quando si occupano direttamente della gestione e della lavorazione dei materiali, mentre sono definiti accessori quando al loro interno vengono svolte attività in favore dei centri principali.

L'area della produzione rappresenta molto spesso la più rilevante dal punto di vista della contabilità industriale. Al suo interno i costi definiti in precedenza accessori vengono a loro volta suddivisi in costi ausiliari e generali. Gli ausiliari sono caratterizzati dal fatto che i costi relativi alle loro attività sono ripartiti sulla base dell'impiego di queste nei centri principali. I generali si occupano di attività difficili da quantificare, come ad esempio la sorveglianza e la pulizia.

## **5.2 Costo del processo di imballaggio attuale**

Bisogna innanzitutto distinguere i costi del lavoro da quelli dei materiali.

### 5.2.1 Costi del lavoro

La Sagi Spa utilizza per la contabilità industriale il metodo full costing, ovvero attribuisce al costo di un prodotto tutte le spese sostenute per ottenerlo, quindi non solo quelle dirette.

Per calcolare il costo del lavoro è necessario moltiplicare il tempo di lavoro per il costo per unità di tempo. Nella tabella seguente sono riportati i tempi assegnati all'operazione di imballaggio per ogni famiglia di prodotti (la determinazione dei tempi è stata trattata nel secondo capitolo dell'elaborato).

Gruppi prodotti	Tempi assegnati [ $C_{min}$ ]
Doppia porta	321
Doppia porta fianco stampato	392
Singola porta	287
Singola porta fianco stampato	358

Tabella 5.1

Una volta ricavati i tempi si passa alla ricerca del costo di linea. La linea di assemblaggio degli armadi refrigerati verticali è considerata come centro di costo. Tra i costi attribuiti al centro si possono distinguere:

- Costo manodopera diretta. La parte dei costi della manodopera diretta è la più rilevante in quanto l'operazione di assemblaggio è caratterizzata da una forte presenza di lavoro manuale.
- Costi di ammortamento ed altri costi che sono diretti per il centro di costo, perché appartengono esclusivamente ad esso, ma indiretti rispetto al prodotto.
- Costi indiretti generali, ovvero tutti quei costi esterni al centro, che sono però indispensabili per il suo funzionamento.

L'attribuzione dei primi due è semplice, mentre per imputare una parte dei costi indiretti generali al centro di costo in questione è stato utilizzato il metodo della base unica, usando come fattore di ripartizione le ore di manodopera diretta.



Si può dunque ricavare il costo orario totale, che risulta essere pari a:

$$C_{tot} = 53,04 \text{ €/h}$$

Moltiplicando tale costo per il tempo di lavoro assegnato si ottiene il costo totale del lavoro per ogni gruppo di prodotti:

Gruppi prodotti	Costo lavoro [€]
Doppia porta	2,84
Doppia porta fianco stampato	3,46
Singola porta	2,54
Singola porta fianco stampato	3,16

Tabella 5.2

### 5.2.2 Costo dei materiali

I materiali utilizzati per l'imballaggio sono stati elencati e descritti nel capitolo due dell'elaborato. Nella tabella seguente sono riportati i codici degli scatoloni e dei polistiroli utilizzati con le relative quantità.

Gruppi prodotti	Polistiroli		
	37B1230	37Q4400	37B5150
Singola porta dimensioni ridotte	0	0	1
Doppia porta dimensioni ridotte	0	0	2
Singola porta	0	0	1
Doppia porta	0	0	2
Singola porta fianco stampato	4	3	0
Doppia porta fianco stampato	4	4	0
Gruppi prodotti	Scatole imballo		
Singola porta dimensioni ridotte	37B4470		
Doppia porta dimensioni ridotte	37B4480		
Singola porta	37B4560		

Doppia porta	37B4570
Singola porta fianco stampato	37B4880
Doppia porta fianco stampato	37B4890

Tabella 5.3

I prezzi unitari di ogni codice sono i seguenti:

Scatole	Costo Unitario [€]	Polistiroli	Costo Unitario [€]
37B4470	5,23	37B1230	0,044
37B4480	7,65	37Q4400	0,533
37B4560	5,65	37B5150	0,128
37B4570	8,25		
37B4880	5,5		
37B4890	8,39		

Tabella 5.4

Moltiplicando le quantità dei materiali per i relativi costi unitari si ottengono i costi relativi ai materiali per l'imballaggio per ogni famiglia di frigoriferi

Gruppi prodotti	Costo materiali [€]
Doppia porta	8,51
Doppia porta fianco stampato	10,70
Singola porta	5,78
Singola porta fianco stampato	7,27
Singola porta dimensioni ridotte	5,36
Doppia porta dimensioni ridotte	7,91

Tabella 5.5

Sommando materiali e lavoro si ottiene il costo totale dell'imballaggio.

Tipologia prodotto	Costo totale [€]
Singola porta dimensioni ridotte	7,9
Doppia porta dimensioni ridotte	10,75
Singola porta	8,32
Doppia porta	11,35
Singola porta fianco stampato	10,43
Doppia porta fianco stampato	14,16

Tabella 5.6

### 5.3 Costo del processo di imballaggio alternativo

Anche in questo caso è necessario fare una distinzione tra i costi del lavoro ed i costi dei materiali. La spesa iniziale per l'investimento è stata lasciata fuori dalla trattazione e sarà considerata nel paragrafo dell'analisi dell'investimento.

#### 5.3.1 Costo del lavoro

Come nel caso precedente si usa una tecnica di full costing. In questo caso, però, oltre ad avere il costo del lavoro sulla linea, si avrà il costo del lavoro del macchinario che si considera esterno ad essa. Bisogna infatti sostenere dei costi per far funzionare la macchina, quali le spese di manutenzione e le spese per energia elettrica.

$$C_{Ltot} = c_{linea} * t_{linea} + c_{macc} * t_{macc}$$

Nelle seguenti tabelle sono riportati i tempi di lavoro sulla linea, i quali sono stati analizzati nel capitolo due dell'elaborato.

#### SCARICO MANUALE

Tipologia prodotto	Tempo assegnato $C_{min}$
Doppia porta	203
Singola porta	172

Tabella 5.7

## ACCUMULO AUTOMATICO

Tipologia prodotto	Tempo assegnato $C_{min}$
Doppia porta	146
Singola porta	115

Tabella 5.8

Moltiplicando questi tempi per il costo orario ricavato precedentemente si ottiene il costo del lavoro della linea per ogni tipologia di prodotto:

SCARICO MANUALE		ACCUMULO AUTOMATICO	
Tipologia prodotto	Costo linea [€]	Tipologia prodotto	Costo linea [€]
Doppia porta	1,79	Doppia porta	1,29
Singola porta	1,52	Singola porta	1,02

Tabella 5.9

A questi verrà sommato il costo dovuto all'utilizzo del macchinario, ricavato sapendo che la macchina proposta ha un assorbimento di energia elettrica pari a 1,5 kWh, che i costi di manutenzione previsti dal fornitore sono di 500€ all'anno e che il tempo che la macchina lavora per imballare un singolo frigo è pari a 120 centesimi di minuto. Il costo unitario per l'imballaggio dovuto all'utilizzo della macchina sarà quindi di 0.011€

Il costo unitario totale del lavoro per entrambe le soluzioni di imballaggio alternative sono espresse nella tabella seguente.

SCARICO MANUALE		ACCUMULO AUTOMATICO	
Tipologia prodotto	Costo lavoro [€]	Tipologia prodotto	Costo lavoro [€]
Doppia porta	1,80	Doppia porta	1,30
Singola porta	1,53	Singola porta	1,02

Tabella 5.10

### 5.3.2 Costo dei materiali

Nella tabella sono riportate le quantità di polistiroli utilizzate per ogni prodotto.

Tipologia prodotti	PA	PB	PC
Singola porta	4	0	1
Doppia porta	4	1	2

Tabella 5.11

Il prezzo preventivato dall'azienda fornitrice di polistiroli per ogni pezzo è il seguente.

Polistiroli	Costo unitario [€]
PA	0,34
PB	1,57
PC	0,17

Tabella 5.12

Moltiplicando le quantità di polistiroli per i relativi prezzi unitari si ottengono i costi dei polistiroli utilizzati per ogni frigorifero.

Tipologia prodotto	Costo polistiroli per frigo [€]
Singola porta dimensioni ridotte	1,53
Doppia porta dimensioni ridotte	3,27
Singola porta	1,53
Doppia porta	3,27
Singola porta fianco stampato	1,53
Doppia porta fianco stampato	3,27

Tabella 5.13

Il macchinario proposto utilizza rotoli di film di altezza pari a 500 mm, con un prezzo di 30 € per 1000 metri di prodotto. Seguono le quantità e i costi del film necessari per imballare un singolo prodotto, considerando di avvolgere l'armadio con 18 giri di film e in assenza di prestiro.

Tipologia prodotto	Perimetro da avvolgere [mm]	Film consumato per frigo [mm]	Costo film per frigo [€]
Singola porta dimensioni ridotte	3064	55152	1,43
Doppia porta dimensioni ridotte	4590	82620	2,15
Singola porta	3170	57060	1,48
Doppia porta	4702	84636	2,20
Singola porta fianco stampato	3126	56268	1,46
Doppia porta fianco stampato	4504	81072	2,11

Tabella 5.14

Sommando il contributo del film con quello dei polistiroli si ottiene il costo dovuto ai materiali dell'imballaggio per ogni tipologia di frigorifero.

Tipologia prodotto	Costo unitario materiale [€]
Singola porta dimensioni ridotte	2,96
Doppia porta dimensioni ridotte	5,42
Singola porta	3,01
Doppia porta	5,47
Singola porta fianco stampato	2,99
Doppia porta fianco stampato	5,38

Tabella 5.15

Sommando materiali e lavoro si ottiene il costo totale dell'imballaggio nelle due soluzioni alternative.

Tipologia prodotto	Costo totale unitario scarico manuale [€]	Costo totale unitario accumulo [€]
Singola porta dimensioni ridotte	4,49	3,98

Doppia porta dimensioni ridotte	7,22	6,72
Singola porta	4,54	4,03
Doppia porta	7,27	6,77
Singola porta fianco stampato	4,52	4,01
Doppia porta fianco stampato	7,18	6,68

Tabella 5.16

## 5.4 Analisi fattibilità economica dell'investimento

### 5.4.1 Criteri di analisi

Il criterio che dovrebbe essere usato per valutare un progetto d'investimento, massimizzando il valore dell'impresa, è il VAN, un indice che comunica una pianificazione dinamica degli investimenti: è la somma delle entrate e delle uscite monetarie di un investimento al momento attuale.

Un progetto di investimento può essere intrapreso quando il valore attuale netto è positivo, al contrario quando è negativo non andrebbe avviato/accettato perché significa che il valore dell'impresa si ridurrebbe. Quando si prende una decisione di investimento tra progetti alternativi, invece, occorre scegliere il progetto che ha VAN più alto, perché significherebbe ricevere il VAN corrispondente sotto forma di denaro oggi.

Il valore attuale netto di un investimento oggi è pari alla somma dei flussi di cassa attualizzati dall'anno  $t=1$  all'anno  $t=n$ , meno l'importo dell'investimento all'anno 0. Il flusso di cassa è la differenza tra le entrate e le uscite nel periodo di riferimento.

Per calcolare il VAN, per prima cosa bisogna definire l'importo dell'investimento, poi la durata, calcolare i cash flow dei relativi intervalli temporali, stabilire un tasso di sconto, determinare il valore attuale di ciascun intervallo, fino ad arrivare al VAN dell'investimento.

Quindi, nella prima fase, per stabilire l'importo dell'investimento, bisogna definire i costi da sostenere all'inizio. Poiché si tratta di un'uscita, l'intero valore dell'importo viene considerato nel calcolo del VAN come importo negativo.

Successivamente bisogna valutare la durata dell'investimento pianificato, cioè il periodo di tempo in cui l'investimento genera entrate e uscite, che normalmente si misura in anni. Se, ad esempio, si pianifica che l'impianto abbia un'obsolescenza tecnica di 5 anni, si ipotizza di sostituirlo dopo 5 anni, si determinano e si attualizzano i flussi di cassa separati in 5 intervalli temporali, ciascuno della durata di un anno. A questo punto vengono calcolati i flussi di cassa, cioè le entrate in eccesso per ciascun intervallo temporale.

In caso di necessità andrebbe poi inserito il calcolo del valore residuo dell'investimento, che corrisponde ai proventi della liquidazione alla fine del periodo. Questo non viene calcolato sempre, ma solo nel caso in cui l'investimento sia collegato a dei proventi della liquidazione (un valore residuo, ad esempio, deriva dalla vendita dell'impianto). Nel caso in cui alla fine della durata si presentano costi, come ad esempio i costi di smaltimento, si parla di proventi della liquidazione in negativo. Per il calcolo del VAN anche il valore residuo viene attualizzato.

L'attualizzazione dei flussi di cassa avviene mediante un tasso di sconto, che viene stabilito considerando il tasso di interesse del miglior investimento possibile, tenendo conto dell'inflazione.

A questo punto vengono determinati i valori attuali e infine il valore attuale netto.

Se la somma di tutti i valori attuali è maggiore dell'importo dell'investimento, allora il VAN è positivo e l'investimento realizza più utile rispetto ad un deposito bancario al medesimo tasso di sconto. Un investimento di questo tipo, dal punto di vista finanziario, è sensato e quindi può essere accolto. Nel caso contrario, quando il VAN è negativo, comporterà delle perdite e quindi conviene non intraprenderlo.

Il VAN dipende dal costo del capitale, che spesso può essere incerto e in questo caso si può studiare l'andamento del valore attuale netto al variare del tasso di sconto.



Il VAN risulta positivo solo per tassi di sconto inferiori al TIR. Quando il tasso di sconto è uguale al TIR, il VAN è nullo: il TIR di un investimento è il tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero.

Se la stima del costo del capitale supera il TIR, il VAN sarà negativo. Quindi il TIR è il massimo errore di stima del costo del capitale che si può commettere senza modificare la decisione presa originariamente.

Oltre al criterio del VAN è possibile applicare il criterio del TIR a progetti singoli e indipendenti all'interno dell'impresa. Il TIR può essere interpretato come il rendimento medio ottenuto se si attua un progetto d'investimento. È necessario investire in progetti il cui TIR supera il costo medio del capitale e rifiutare tutti quelli che hanno un TIR inferiore al costo del capitale.

Il TIR però non sempre fornisce la risposta corretta, in particolare il TIR funziona per un progetto indipendente se tutti i flussi di cassa negativi del progetto precedono quelli positivi.

Tre sono le situazioni in cui il criterio del TIR fallisce: quando il TIR è inesistente, quando è possibile trovare più di un TIR e in caso di investimenti ritardati. In quest'ultima situazione, infatti, quando i costi di un investimento si manifestano dopo i benefici, il VAN è una funzione crescente del tasso di sconto e quindi il criterio del TIR porta ad assumere una decisione sbagliata. Invece nel caso in cui ci si trovi di fronte a TIR multipli, il criterio del TIR è inutilizzabile, però i TIR sono utili come limiti del costo del capitale. Infine, il TIR è inesistente quando non vi è alcun tasso di sconto che renda il VAN uguale a zero. Non è detto che ogni volta in cui il TIR non esiste, il VAN è positivo; potrebbe anche essere negativo.

Un ultimo criterio per valutare un progetto di investimento indipendente è il criterio del periodo di recupero. Secondo questo metodo, un progetto va attuato solo se i suoi cash flow permettono di recuperare l'investimento iniziale entro un periodo prefissato. Se il periodo prefissato è maggiore del tempo necessario per recuperare l'investimento iniziale, *payback period*, allora il progetto va accettato; in caso contrario va rifiutato. Quest'ultima metodologia ha il vantaggio di essere semplice, infatti viene utilizzato per prendere decisioni che riguardano piccoli investimenti. Tuttavia presenta anche dei

limiti significativi, in quanto si basa su un criterio decisionale ad hoc, ignora i flussi di cassa successivi al payback period e non tiene conto del costo del capitale del progetto, oltre che del valore temporale del denaro.

Nel caso in cui i progetti, invece di essere indipendenti, sono alternativi, se si utilizzasse il criterio del VAN bisognerebbe scegliere il progetto con VAN più elevato; se al contrario venisse usato il criterio del TIR, scegliere il progetto con TIR più elevato potrebbe condurre ad errori. In particolare, non sarebbe giusto confrontare i TIR quando i progetti differiscono tra loro per la distribuzione temporale dei flussi di cassa, per rischiosità e per scala dell'investimento, infatti, in riferimento all'ultimo punto, mentre il VAN di un progetto raddoppia se raddoppia la dimensione, non avviene la stessa cosa per il TIR, motivo per cui questo criterio non può essere usato per confrontare progetti di scala diversa.

#### 5.4.2 Applicazione

I flussi di cassa derivanti dall'investimento in questione derivano dal risparmio ottenuto con il processo di imballaggio alternativo. Per calcolare tale risparmio occorre definire il costo medio dell'imballaggio di un singolo frigorifero. Per determinare questo costo è stato necessario effettuare una media tra i costi dell'imballaggio di ogni singola tipologia di frigorifero, ponderata rispetto i volumi di vendita relativi all'anno 2019.

Gruppi prodotti	Vendite 2019
Doppia porta	1654
Doppia porta fianco stampato	171
Singola porta	4225
Singola porta fianco stampato	977
Singola porta dimensioni ridotte	118
Doppia porta dimensioni ridotte	29
<b>Totale vendite</b>	<b>7174</b>

Tabella 5.17

Quindi nella situazione attuale, il costo unitario medio da sostenere per l'operazione di imballaggio è pari a 9,44 €.

Considerando invece le soluzioni proposte, nel caso di uscita con scarico manuale il costo unitario medio è di 5,25 €, mentre nel caso di uscita con accumulo il costo è uguale a 4,74 €. È evidente che adottando una delle due varianti del processo alternativo si otterrà rispettivamente un risparmio di 4,19 € e di 4,70 €.

Per calcolare i flussi di cassa annuali bisogna moltiplicare il risparmio medio unitario per il numero di frigoriferi venduti. Dato che quest'ultimo difficilmente sarà prevedibile, conviene ipotizzare diversi scenari che permettono di tener conto anche dei rischi e delle opportunità. Consideriamo a tal proposito un average case scenario, nel quale si sceglie come riferimento il volume di vendite dell'anno 2019, per considerare un'annata ordinaria, invece di uno scenario critico come quello che si è presentato nel 2020; un worst case scenario, in cui si ipotizza che il numero di frigoriferi venduti scenda, ad esempio, in seguito ad una crisi; infine, una situazione opposta di best case scenario, in cui il numero di prodotti venduti sale e che permette di considerare le opportunità che si presenterebbero.

#### AVERAGE CASE SCENARIO

Il volume di vendite ipotizzato è quindi quello che si è verificato nel 2019 (riportato nella precedente tabella) e il cash flow annuale è uguale a 30127,92 € nel caso della soluzione con scarico manuale e a 33742,75 € in quella con accumulo.

#### WORST CASE SCENARIO

In questo scenario il numero totale di vendite previste è il 20% in meno rispetto a quello del 2019 ed è pari a 5739. Il flusso di cassa annuale è quindi pari a 24102,33 € nel caso della soluzione con scarico manuale e in quella con accumulo è uguale a 26994,20 €.

#### BEST CASE SCENARIO

Il volume totale di vendita è ipotizzato essere il 20% in più rispetto al 2019, quindi uguale a 8609. Il cash flow annuale nelle due varianti del processo di imballaggio previsto, con scarico manuale e con accumulo, è rispettivamente di 36153,50 € e 40491,30 €.

## PAYBACK PERIOD

L'investimento iniziale nel caso di **processo di imballaggio con scarico manuale** è di 50000 euro, comprese tutte le spese di installazione. Considerando i flussi di cassa cumulativi, riusciamo ad ottenere i payback period nei tre diversi scenari, worst, average e best, che sono rispettivamente di 2,07, 1,66 e 1,38 anni. Osserviamo ovviamente che più la situazione migliora, e quindi ci spostiamo da uno scenario peggiore ad uno migliore, minore sarà il tempo di recupero dell'investimento. Nonostante questo, anche nella situazione di scenario peggiore il tempo di recupero non è elevato, risulta infatti inferiore a 5 anni, vita utile ipotizzata per il macchinario oggetto di investimento.

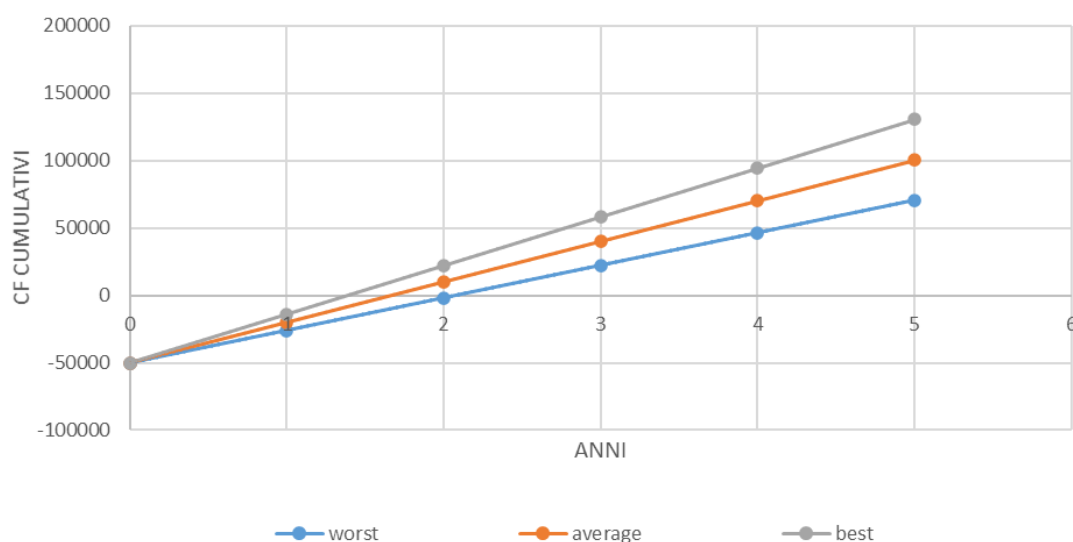


Grafico 5.1

Invece l'investimento da sostenere se si sceglie il **processo di imballaggio con accumulo automatico** è di 60000 euro. Qui i payback period, sempre tenendo conto dei cash flow cumulativi, sono 2,22 nel caso di scenario peggiore, 1,77 in caso di scenario medio e infine nella situazione migliore si abbassa a 1,48. Anche qui è possibile osservare l'andamento decrescente del tasso di recupero all'aumentare del miglioramento delle condizioni.

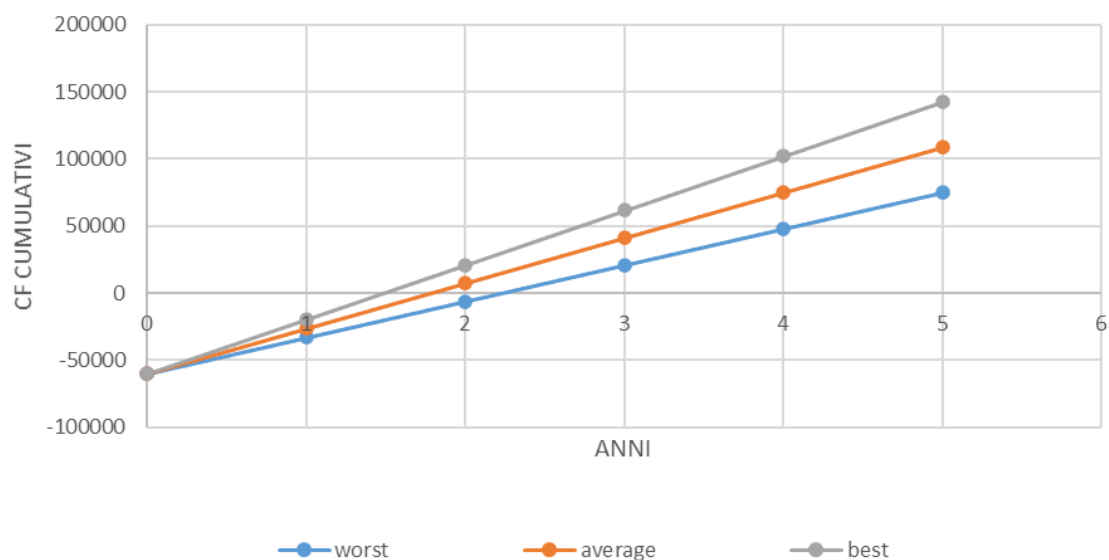


Grafico 5.2

Confrontando tra loro le due varianti di processo alternativo, si può rilevare che il processo di imballaggio con scarico manuale consente di recuperare l'investimento prima rispetto a quello con accumulo automatico.

Nel caso in questione, può essere utilizzato, oltre al criterio del payback period, quello del TIR per valutare se accettare o no un progetto di investimento.

Per analizzare l'acquisto del macchinario con scarico manuale, si consideri, in uno scenario medio, un intervallo di tempo di 5 anni, un investimento iniziale di 50000 euro e un flusso di cassa annuale di 30127,92 €. Il TIR, ossia quel tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero, sarà pari al 53%. In tutti i casi in cui il tasso di sconto sia inferiore al 53%, il progetto di investimento può essere accettato. Se il TIR è minore del tasso di sconto, il progetto verrà invece rifiutato.

Utilizzando invece il criterio del TIR per valutare l'acquisto del macchinario dotato di uscita con accumulo automatico, sempre in un intervallo di 5 anni, con un investimento iniziale di 60000 e un flusso di cassa annuale di 33742,75, si ottiene che il tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero è del 48%. Quindi l'acquisto del macchinario verrà effettuato se il tasso di sconto è inferiore al 48%, cioè al TIR.

Poiché i due progetti non differiscono per scala dell'investimento, né per distribuzione temporale dei flussi di cassa o per rischiosità è possibile utilizzare il TIR come criterio di scelta tra i due investimenti alternativi. In particolare, risulta conveniente investire sul macchinario con scarico manuale, in quanto il TIR è maggiore.

Utilizzare il criterio del VAN può essere complesso, in quanto il tasso di sconto, usato per attualizzare i flussi di cassa, risulta difficile da calcolare.

## Conclusioni

L'obiettivo del lavoro di tesi è stato quello di valutare la fattibilità tecnica ed economica dell'implementazione della tecnologia alternativa di imballaggio, sulla linea produttiva degli armadi refrigerati verticali.

Nell'analisi dell'operazione attuale di imballaggio sono stati rilevati i seguenti punti di forza: assenza di investimento, know-how consolidato e utilizzo di materiali riciclabili. I punti di debolezza individuati invece sono:

- bassa efficienza del lavoro, dovuta alla presenza di attività non a valore, come l'attesa del secondo operatore, necessario per applicare la scatola imballo;
- capacità produttiva limitata;
- problemi dovuti allo stoccaggio delle scatole imballo, in quanto queste occupano uno spazio troppo grande all'interno dello stabilimento;
- assenza di standardizzazione;
- problemi ergonomici, in quanto sono state rilevate delle attività in cui la postura degli operatori risulta migliorabile (questo è stato riscontrato anche attraverso l'analisi Rula) e altre attività che non possono essere svolte da operatori dotati di una statura inferiore a 170 cm;
- problemi dovuti ai materiali dell'imballo, come la mancanza di visibilità e di verificabilità dell'integrità del prodotto interno alla scatola, e come l'elevata infiammabilità dei cartoni.

Il sistema alternativo proposto si distingue da quello attuale principalmente per la presenza di un avvolgipallet automatico, che avvolgerà i prodotti con del film in polietilene che sostituirà le scatole. Sono state previste due soluzioni differenti per quanto riguarda il sistema che permette l'uscita del prodotto dal macchinario, una con scarico manuale e una con accumulo automatico.

Il sistema proposto permetterebbe di ottenere dei miglioramenti rispetto al processo attuale:

- un tempo di imballaggio ridotto e l'eliminazione dei tempi morti;

- l'eliminazione delle fasi risultate non ottimali a livello ergonomico (applicazione scatola e reggiatura);
- una maggiore standardizzazione del processo;
- il recupero dello spazio adibito allo stoccaggio delle scatole imballo;
- la riduzione del rischio di incendio;
- la visibilità del prodotto imballato.

Dopo aver costificato il processo di imballaggio nella situazione attuale e nelle alternative proposte, è risultato un risparmio unitario di 4,19 euro nel caso di uscita con scarico manuale e di 4,70 euro nel caso di uscita di accumulo automatico. Si è verificato che, in una situazione di domanda standard, tale risparmio porta ad un flusso di cassa annuo pari a 30127,92 € nel caso della soluzione con scarico manuale e a 33742,75 € in quella con accumulo. Considerando una spesa iniziale di 50000 euro nel primo caso e di 60000 euro nel secondo, è risultato che, per recuperare l'investimento, saranno necessari rispettivamente 1,66 e 1,77 anni. Poi, utilizzando il criterio del TIR si è ottenuto un tasso pari al 53% e 48%. Il TIR è quel tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero. Questo significa che in tutti i casi in cui il tasso di sconto sia inferiore al TIR, il progetto di investimento può essere accettato. Se il TIR, invece, è minore del tasso di sconto, il progetto verrà invece rifiutato.

I due valori appena trovati garantiscono l'effettiva fattibilità economica dell'investimento e dimostrano che la soluzione con scarico manuale risulta più vantaggiosa con un livello di domanda medio.

Implementare la soluzione alternativa di packaging risulta quindi conveniente, anche se resta da verificare l'effettiva qualità dell'imballaggio, attraverso diverse prove sperimentali di resistenza agli urti, a compressioni statiche e dinamiche e a sollecitazioni di tipo climatico.



## Bibliografia

*Dispense Lean Production, [www.fomir.it](http://www.fomir.it)*

*Dispense Prototipazione Virtuale, Maura Mengoni 2018/2019*

*Dispense Studi di Fabbricazione, Archimede Forcellese 2018/2019*

*Dispense Tempi e metodi, Professore Walter Cavallo 2018/2019*

*Dispense Tempi e Metodi, [www.my.liuc.it](http://www.my.liuc.it)*

*Finanza aziendale 1, Jonathan Berk, Peter DeMarzo, Paerson 2015*

*Ottimizzazione di una linea di assemblaggio mediante l'applicazione del metodo delle 5 s: il caso sagi spa, Carlo Maria Angelici, 2018*

*[www.angelopo.com](http://www.angelopo.com)*

*[www.sagispa.it](http://www.sagispa.it)*

*[www.technowrapp.com](http://www.technowrapp.com)*

## **Ringraziamenti**

Un primo ringraziamento speciale va al professore Maurizio Bevilacqua, mio relatore, che mi ha trasmesso la passione per la materia. Grazie a lui ho deciso di intraprendere il tirocinio presso la fantastica realtà della Sagi.

Un grazie enorme va a Giuliano, guida puntuale scrupolosa e sempre disponibile, che mi ha aiutato a crescere e ad arricchire il mio bagaglio personale. Hai rappresentato il punto di riferimento per ogni parere, dubbio e approfondimento e mi hai accompagnato in questa avventura, epilogo della mia carriera universitaria.

Ringrazio tutti i componenti del team Sagi, che con pazienza e disponibilità, mi hanno permesso di confrontarmi con la realtà lavorativa di questa azienda.