



POLITECNICO DI TORINO

Anno Accademico 2021-2022

Corso di laurea in Ingegneria Gestionale

Esercitazione di Impianti Industriali

STUDIO DI FATTIBILITA' DI UNO STABILIMENTO PER LA PRODUZIONE DI MASCHERINE CHIRURGICHE

Docente: ANNA CORINNA CAGLIANO

GRUPPO 2

| | | | |
|---------|--------------|------------|---|
| S271266 | AGNESE | MARTINA | A |
| S271176 | ANGELINI | CHIARA | A |
| S275367 | ARRAS | ELEONORA | B |
| S272833 | BARBIERI | GIADA | A |
| S245116 | BAX | GABRIELE | A |
| S271935 | BOTTERO | FEDERICA | A |
| S270711 | COLOSI | ALESSANDRO | B |
| S271828 | DORELLI | ALESSANDRO | B |
| S287145 | FAZIO | GIUSEPPE | A |
| S270664 | IEMMOLO | HERMANN | B |
| S272809 | INCATASCIATO | GIUSEPPE | B |

INDICE

| | |
|---|----|
| ➤ INTRODUZIONE..... | 3 |
| ➤ CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO | 3 |
| ➤ DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO..... | 6 |
| ➤ DESCRIZIONE DELLE MACCHINE..... | 8 |
| ➤ CALCOLO DEI VOLUMI IN INGRESSO ED USCITA | 10 |
| ➤ SCELTA DEL LAYOUT..... | 14 |
| ➤ CALCOLO DEL NUMERO DI MACCHINE..... | 15 |
| ➤ UBICAZIONE E DIMENSIONAMENTO DEI SERVIZI GENERALI DI STABILIMENTO E CALCOLO DEL FABBISOGNO DI PERSONALE..... | 16 |
| ➤ CALCOLO UNITA' DI CARICO..... | 19 |
| ➤ DEFINIZIONE DEI SISTEMI DI MOVIMENTAZIONE INTERNA..... | 21 |
| ➤ DEFINIZIONE DEI MAGAZZINI E CALCOLO DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE..... | 26 |
| ➤ APPLICAZIONE DEI PRINCIPI LEAN PRODUCTION ALLA PRIMA PROPOSTA DI LAYOUT..... | 30 |
| ➤ APPLICAZIONE DEI PRINCIPI LEAN PRODUCTION: DEFINIZIONE DEI MIGLIORAMENTI..... | 36 |
| ➤ DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI FABBRICATI..... | 38 |
| ➤ UBICAZIONE DELLO STABILIMENTO NEL LOTTO FONDIARIO..... | 40 |
| ➤ CALCOLO DEL COSTO TOTALE DELL'INVESTIMENTO..... | 41 |

INTRODUZIONE

Il presente documento è finalizzato a redigere uno studio di fattibilità tecnico - economica per la realizzazione di uno stabilimento per la produzione di mascherine chirurgiche di tipo I, II e IIR.

L'analisi che segue comprende uno stabilimento produttivo, completo di magazzini materie prime (in seguito indicato come MP) e prodotti finiti (in seguito indicato come PF) opportunamente equipaggiati, aree di stoccaggio e servizi generali di stabilimento.

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

Il seguente documento è volto ad analizzare il processo produttivo di tre differenti tipi di mascherine chirurgiche filtranti, realizzate allo scopo di limitare la trasmissione del contagio da coronavirus SARS-CoV-2 e di gestire il periodo post emergenza:

1. Mascherine chirurgiche filtranti tipo I
2. Mascherine chirurgiche filtranti tipo II
3. Mascherine chirurgiche filtranti tipo IIR

Le mascherine filtranti possono essere realizzate con uno o più strati sovrapposti di tessuto-non-tessuto (TNT) sviluppati con varie tecnologie: Spunlace, Spunbond o Meltblown (indicate in seguito rispettivamente con Sp, S ed M). La scelta del materiale e del sistema di saldatura risulta essere molto importante. I materiali sono principalmente polipropilene e poliestere, anche se non si esclude la possibilità di utilizzare altri materiali polimerici, sia sintetici che naturali.

I parametri del TNT che devono essere valutati sono: grammatura, dimensione delle fibre, permeabilità all'aria e al vapore d'acqua, carica superficiale, idrofilia/idrofobia, caratteristiche meccaniche e tecnologia di conversione. Le mascherine chirurgiche in particolare sono tipicamente costituite dalla sovrapposizione di 3 o 4 strati di tessuto-non-tessuto (TNT) con diverse funzionalità e caratteristiche, come riportato in Figura 1:

- Strato esterno: TNT Spunbond (S) idrofobico, con buona resistenza meccanica.
- Strato filtrante: TNT Meltblown (M), costituito da microfibre più piccole (1-3 µm).
- Strato interno: TNT prodotto con tecnologia Spunbond (S). Questo svolge una funzione protettiva per il volto, evitando il contatto diretto della cute con lo strato filtrante.
- Strato aggiuntivo esterno: TNT Spunbond (S) o TNT Meltblown (M), serve per resistere agli spruzzi di liquidi.

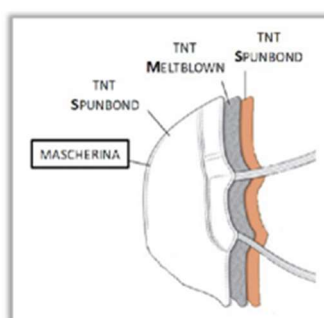


Figura 1. Esempio di mascherina assemblata a tre strati

Analisi preliminari svolte presso il Politecnico di Milano evidenziano come solo TNT con almeno 3 strati (S-M-S) e con una grammatura dello strato interno (M) maggiore di 20 g/mq hanno superato i test preliminari sull'efficacia della capacità filtrante (PFE) e sulla traspirabilità della mascherina, e possono essere utilizzati come mascherine chirurgiche. La sovrapposizione di un numero maggiore di strati (>3) e con prestazioni dei singoli strati inferiori potrebbe garantire prestazioni equivalenti.

In aggiunta al TNT, si devono considerare i seguenti materiali che sono parte integrante di una mascherina chirurgica:

- Stringinaso in ferretto metallico.
- Laccetti elastici.

La mascherina ha dimensione: 175 × 95 mm. Lo stringinaso ha una lunghezza pari a 12 cm e una larghezza trascurabile. Infine, ogni mascherina richiede due laccetti di lunghezza unitaria pari a 16,5 cm e di larghezza nuovamente trascurabile. Tipicamente la mascherina è dotata di plissettature sul lato corto e orientate verso il basso per aumentare la superficie filtrante ed evitare un'eccessiva adesione alla faccia durante l'inspirazione.

Il prodotto finito potrà essere poi sterilizzato. Metodi di sterilizzazioni utilizzati sono: autoclave, ossido di etilene, raggi gamma, raggi UV. Il confezionamento sottovuoto potrà garantire il mantenimento della sterilità ed evitare contaminazioni successive.

Per le mascherine riutilizzabili è fondamentale indicare il numero di volte che l'oggetto può essere sanificato e la metodologia di sanificazione (lavaggio, vapori di etanolo, etc.), che garantisce la riduzione della carica batterica e nello stesso tempo mantiene le proprietà chimico-fisiche della mascherina.

Di seguito sono riportati i dettagli di ciascuna mascherina prodotta.

Mascherine chirurgiche di Tipo I

Sono mascherine chirurgiche composte da due strati di tessuto-non-tessuto monouso. Lo strato esterno è in TNT Spunbond, mentre lo strato interno e filtrante è composto di TNT Meltblown, dotato di una barretta deformabile stringinaso e un sistema di fissaggio a legacci o elastici.

CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME: rispondenza alle norme tecniche (solo queste ultime idonee al personale sanitario) da autocertificare all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) (*art. 15 – corrispondere contemporaneamente alle norme UNI EN ISO 14683, UNI EN ISO 10993*).

TIPO DI UTILIZZO: proteggono naso e bocca dalla contaminazione con particelle di diametro medio di 4,5 µm. Costituiscono un efficace sistema di barriera per la resistenza ai fluidi e l'elevato potere filtrante oltre il 95%. Sono fatte indossare dal paziente con sospetta o accertata infezione da COVID-19.

Mascherine chirurgiche di tipo II

Sono mascherine composte da tre strati di tessuto-non-tessuto monouso, composte da TNT Spunbond per lo strato esterno, TNT Meltblown per lo strato centrale e filtrante e TNT Spunbond per lo strato interno, dotato inoltre di barretta stringinaso. Il sistema di fissaggio è a legacci o elastici.

CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME: rispondenza alle norme tecniche (solo queste ultime idonee al personale sanitario) da autocertificare all'ISS (*art. 15 – corrispondere contemporaneamente alle norme UNI EN ISO 14683, UNI EN ISO 10993*).

TIPO DI UTILIZZO: proteggono naso e bocca dalla contaminazione con particelle di diametro medio di 4,5 µm. Costituiscono un efficace sistema di barriera per la resistenza ai fluidi e l'elevato potere filtrante oltre il 98%. Sono fatte indossare dal paziente con sospetta o accertata infezione da COVID-19.

Mascherine chirurgiche di tipo IIR

Queste mascherine sono composte di quattro strati di tessuto-non-tessuto monouso. Questi sono composti da: TNT Spunbond per lo strato esterno, TNT Meltblown per lo strato centrale filtrante, TNT Spunbond per lo strato interno, equipaggiato inoltre di barretta stringinaso ed infine in TNT Spunlace per lo strato esterno resistente agli spruzzi di liquidi. Il sistema di fissaggio è tramite legacci o elastici.

CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME: rispondenza alle norme tecniche (solo queste ultime idonee al personale sanitario) da autocertificare all'ISS (*art. 15 - corrispondere contemporaneamente alle norme UNI EN ISO 14683, UNI EN ISO 10993*).

TIPO DI UTILIZZO: proteggono naso e bocca dalla contaminazione con particelle di diametro medio di 4,5 µm. Costituiscono un efficace sistema di barriera per la resistenza ai fluidi e l'elevato potere filtrante oltre il 98%. Sono fatte indossare dal paziente con sospetta o accertata infezione da COVID-19.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva (Figura 2):

| Prova | Tipo I ^{a)} | Tipo II | Tipo IIR |
|--|----------------------|---------------|----------|
| Efficienza di filtrazione batterica (BFE), (%) | ≥ 95 | ≥ 98 | ≥ 98 |
| Pressione differenziale (Pa/cm ²) | < 40 | < 40 | < 60 |
| Pressione di resistenza agli spruzzi (kPa) | Non richiesto | Non richiesto | ≥ 16,0 |
| Pulizia microbica (ufc/g) | ≤ 30 | ≤ 30 | ≤ 30 |

Figura 2. Caratteristiche Mascherine

DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

La produzione delle mascherine inizia dal caricamento del materiale, che si presenta sotto forma di bobine. Questo è stato precedentemente accettato da un operatore e stoccato in magazzino. Le bobine sono montate su rulli che permettono al materiale di scorrere con facilità.

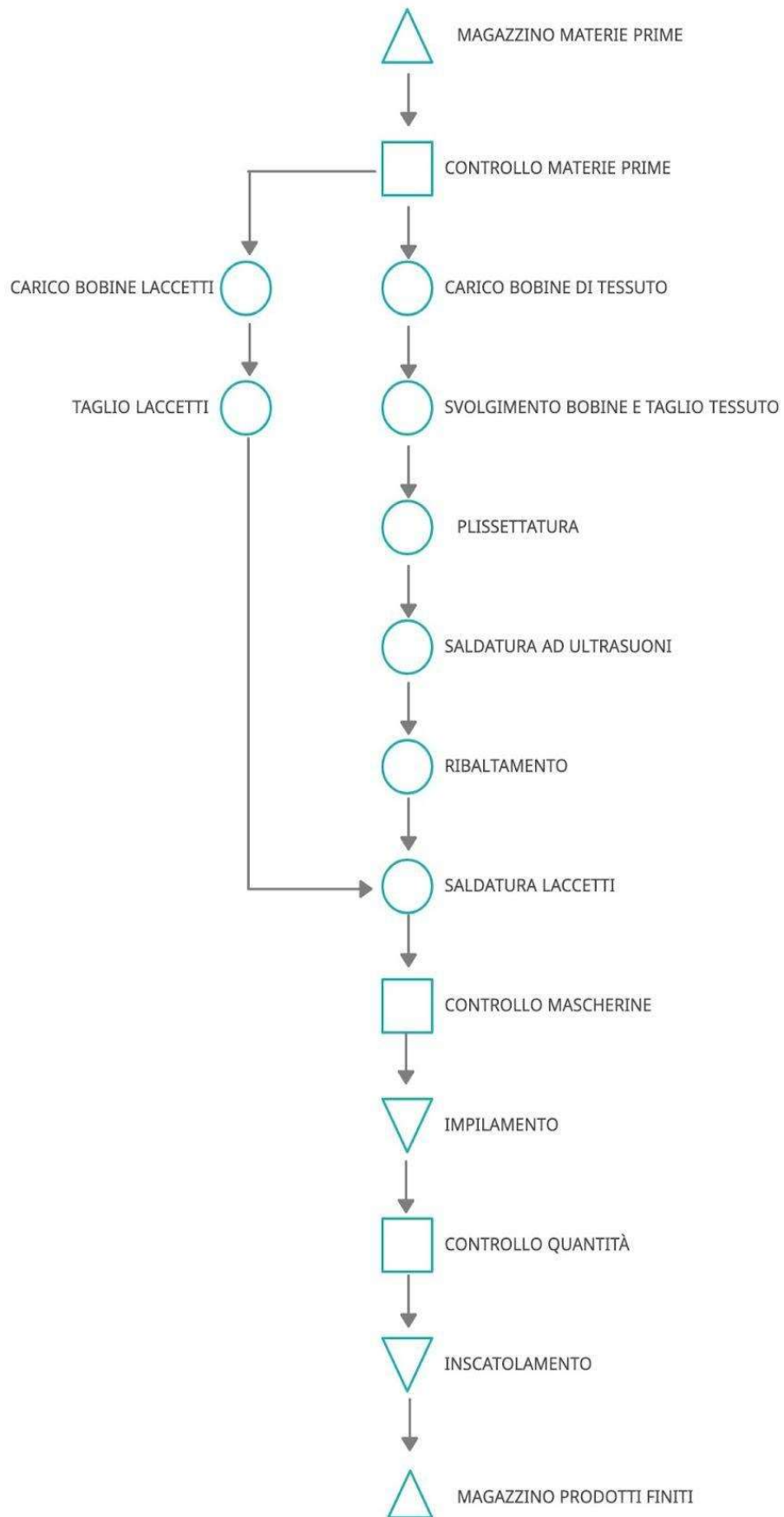
La preparazione del materiale è eseguita da un operatore, coordinato con l'operatore della fase di assemblaggio. Se termina una bobina, la parte finale del tessuto è rimossa, se ne inserisce una nuova e si accoppiano i due lembi sugli estremi. È fondamentale che questa operazione sia eseguita a regola d'arte, in quanto le fasi successive di assemblaggio, costituite da guide, necessitano di precisione per evitare rotture o guasti.

Parallelamente allo svolgimento della bobina di tessuto-non-tessuto, avviene lo svolgimento e il taglio del ferretto stringinaso, che si presenta anch'esso in bobine. Il TNT, una volta svolto, è incanalato tramite dei rulli che hanno il compito di effettuare la plissettatura. Successivamente, tramite la saldatura a ultrasuoni, i vari strati di tessuto sono saldati con il ferretto prima dal lato corto e poi dal lato lungo. Si ha infine il taglio trasversale per la formatura della mascherina. Tutte queste operazioni avvengono nel gruppo di svolgimento e saldatura ad ultrasuoni.

Nel gruppo di ribaltamento e smistamento, invece, le mascherine sono capovolte per il successivo posizionamento dei laccetti. Questi, che si presentano sotto forma di bobina, vengono caricati su un rullo, srotolati e tagliati. Le parti ottenute sono quindi saldate alla mascherina. Le operazioni appena descritte avvengono nel gruppo di applicazione laccetti.

A questo punto un operatore si occupa di contare ed impilare le mascherine, che vengono poi inscatolate e confezionate nel gruppo di confezionamento scatole. Infine, operatori differenti si occupano di imballare e trasportare le scatole in magazzino, immagazzinarle e successivamente spedirle.

Queste operazioni sono schematizzate nel seguente flow-chart:



DESCRIZIONE DELLE MACCHINE

Lo stabilimento è costituito dalle seguenti macchine:

- Gruppo di svolgimento e saldatura ad ultrasuoni
- Gruppo ribaltamento e smistamento
- Gruppo di applicazione laccetti
- Gruppo di confezionamento scatole

Gruppo di svolgimento e saldatura ad ultrasuoni

Nel processo di produzione delle mascherine la saldatura ad ultrasuoni è utilizzata per saldare l'area del bordo della mascherina e la staffa per il naso.

I componenti ad ultrasuoni modulari offrono la massima flessibilità per il montaggio in linee di produzione automatiche. Esistono diversi motivi per cui la tecnologia ad ultrasuoni viene utilizzata nella produzione di maschere per il viso: in primo luogo è una tecnologia molto veloce e ad alto rendimento, in più non necessita di additivi e adesivi. L'ultrasuono è la tecnologia perfetta per saldare mascherine in tessuto-non-tessuto.

Il macchinario svolge la bobina del TNT di dimensione 195 mm che successivamente verrà ridotta mediante la realizzazione di 3 pieghe (plissettatura) fino ad ottenere una larghezza finale di 175 mm.

Dimensioni in pianta: 1.000 x 1.950 mm (figura 3).

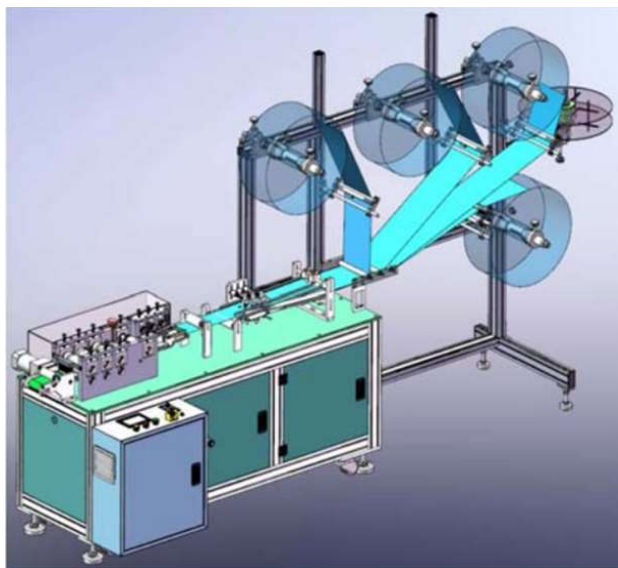


Figura 3. Gruppo di Svolgimento e Saldatura ad Ultrasuoni

Gruppo ribaltamento e smistamento

Questo macchinario è necessario nella linea di produzione perché le mascherine, dopo essere state tagliate per raggiungere le dimensioni specifiche (175x95 mm), devono essere ribaltate per poter successivamente saldare i laccetti. In questa operazione le mascherine vengono trasportate su strisce di polietilene.

Dimensioni in pianta: 1.000 x 2.500 mm (Figura 4).

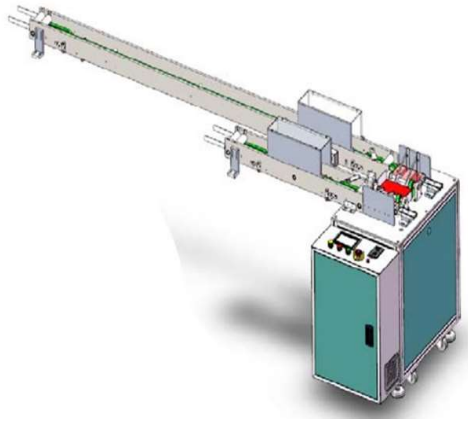


Figura 4. Gruppo di Ribaltamento e Smistamento

Gruppo di applicazione laccetti

In questo macchinario è presente una molla che tira il laccio per poi essere tagliato da una pinza meccanica. Questi laccetti vengono saldati sulla parte blu della mascherina. Infine, le mascherine vengono raggruppate.

Dimensioni in pianta: 1.000 x 2.300 mm (Figura 5).

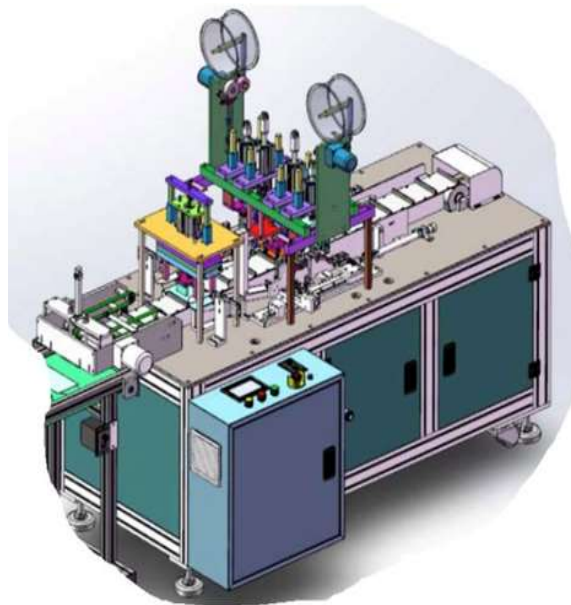


Figura 5. Gruppo di Applicazione Laccetti

Gruppo di confezionamento scatole

Alla fine del ciclo produttivo le mascherine sono riposte all'interno di scatole di cartone di capienza massima 50 pezzi (scatole di tipo A).

In seguito, le scatole di tipo A sono raggruppate in scatoloni (scatole di tipo B), ciascuno contenente 12 confezioni, le quali verranno depositate nel magazzino prodotti finiti per essere successivamente spedite.

Dimensioni in pianta: 1.000 x 2.500 mm. (Figura 6).



Figura 6. Gruppo di Confezionamento Scatole

CALCOLO DEI VOLUMI IN INGRESSO E IN USCITA

La produzione su base giornaliera è stata calcolata come rapporto tra le unità richieste all'anno e i 220 giorni lavorativi presenti nell'anno.

La produzione giornaliera richiesta, invece, per ciascun tipo di prodotto i , espressa in unità al giorno è stata determinata con la seguente formula:

$$P_i = 2 * \left[\frac{C_m + N_m}{30} \right] * \text{produzione base giornaliera}$$

Dove $C_m = 3.64$ e $N_m = 5.91$, ottenendo così i seguenti valori arrotondati per eccesso:

| Tipo di mascherina | Produzione richiesta [unità/giorni] |
|--------------------|-------------------------------------|
| I | 57577 |
| II | 129546 |
| IIR | 86364 |

CALCOLO DEGLI SCARTI

Ogni gruppo, eccetto il confezionamento, è soggetto ad un tasso di scarto medio pari a 2%. Tenendo conto di ciò, è stato calcolato il quantitativo richiesto di ogni materia prima applicando la formula seguente:

$$\frac{\text{Produzione richiesta giornaliera}}{(1 - 0.02)^n}$$

dove n indica il numero di gruppi di lavorazione a cui è sottoposto il materiale; quindi, per i vari tipi di TNT e per i ferretti è 3 mentre per i laccetti, i quali entrano nel gruppo di applicazione degli stessi, è pari a 2.

Al termine del processo produttivo si dovranno ottenere i seguenti risultati espressi in unità giornaliere:

| | TIPO I | TIPO II | TIPO IIR |
|------------------|---------------|----------------|-----------------|
| Totale Spunbond | 61175 | 275282 | 183522 |
| Totale Meltblown | 61175 | 137641 | 91761 |
| Totale Spunlace | / | / | 91761 |
| Totale laccetti | 117503 | 264380 | 176253 |
| Totale ferretti | 61175 | 137641 | 91761 |

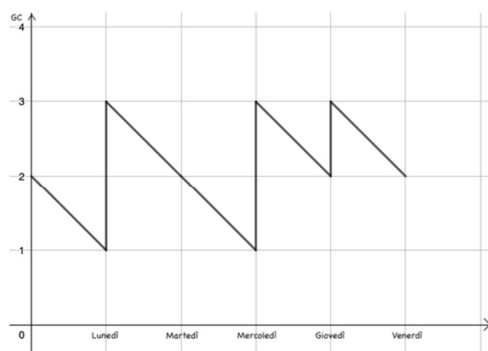
VOLUMI IN INGRESSO

Per calcolare i volumi in ingresso è stato necessario calcolare il numero di bobine richieste settimanalmente per ogni tipo di materia prima, utilizzando il quantitativo di materiale su base settimanale, la lunghezza di ogni bobina ed infine la lunghezza della mascherina, dei laccetti e dei ferretti.

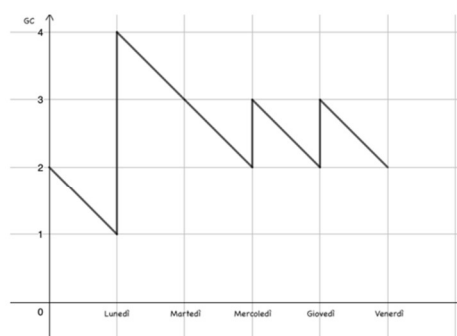
Considerando i volumi delle scatole delle bobine di TNT, laccetti e ferretti sono stati determinati i volumi in entrata ogni settimana delle materie sopra indicate.

È stato previsto un magazzino materie prime dimensionato in maniera da garantire una capacità di stoccaggio pari a Nm=6 giorni lavorativi per ciascun codice.

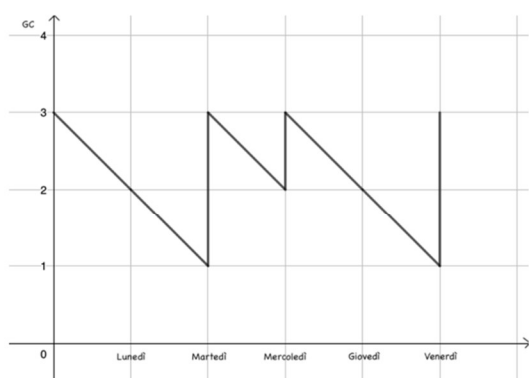
Il materiale ricevuto deve essere lavorato tre volte a settimana in giorni differenti a seconda del tipo di componente, come illustrato nei seguenti diagrammi di giacenza:



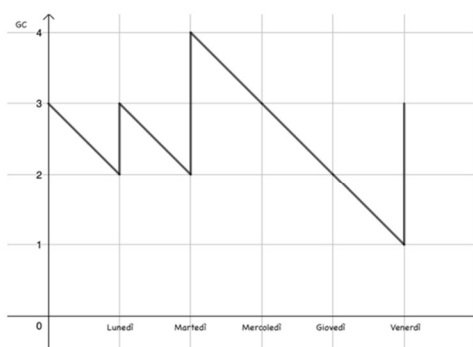
Giorni di copertura TNT Spunbond in ingresso



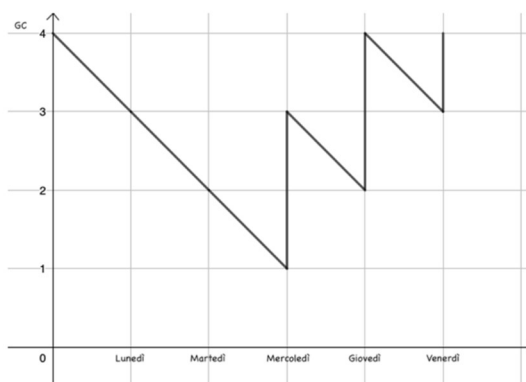
Giorni di copertura TNT Meltblown in ingresso



Giorni di copertura TNT Spunlace in ingresso



Giorni di copertura Laccetti in ingresso



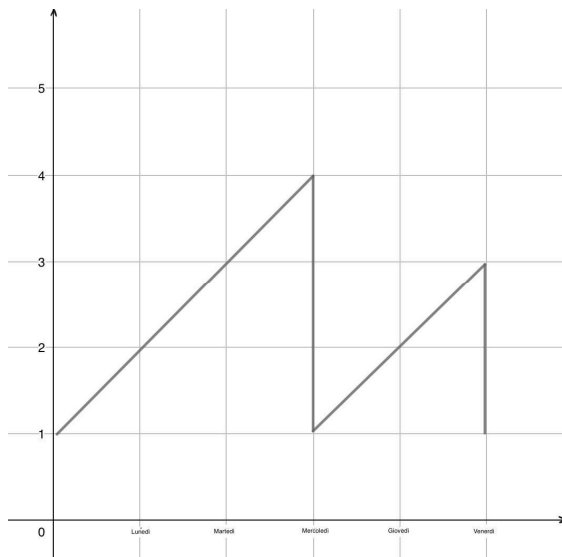
Giorni di copertura Ferretti in ingresso

VOLUMI IN USCITA

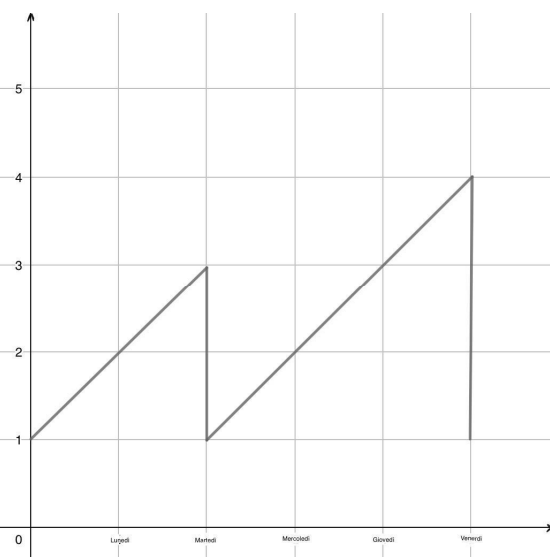
Al termine del processo produttivo, i componenti prodotti vengono inseriti all'interno di scatole di tipo A. È stato quindi calcolato il numero di scatole di mascherine in uscita settimanalmente tenendo conto della produzione considerata su 5 giorni lavorativi e del fatto che una scatola di tipo A può contenere al massimo 50 pezzi.

Si ottengono quindi i volumi in uscita moltiplicando il dato precedentemente ricavato per il volume unitario della scatola.

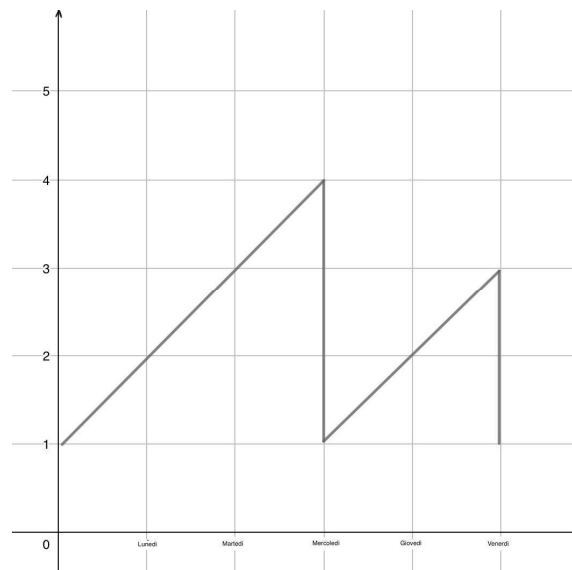
Il magazzino prodotti finiti è stato dimensionato in maniera da garantire una capacità di stoccaggio pari a $C_m=4$ giorni lavorativi per ciascun codice, come mostrato nei diagrammi di giacenza sottostanti:



Giorni di copertura mascherina di tipo I



Giorni di copertura mascherina di tipo II



Giorni di copertura mascherina di tipo IIR

SCELTA DEL LAYOUT

Per la scelta della migliore configurazione del layout, si è tenuto conto di diversi aspetti. In primo luogo, è stato realizzato il diagramma di Pareto in cui vengono valutati i volumi di produzione e il numero di prodotti richiesti. Nella figura 7 e 8 sono mostrati i due passaggi per la creazione del diagramma. Inoltre, tale scelta è stata fatta alla luce delle caratteristiche dei prodotti in questione (analizzate in precedenza), dei tassi di produzione richiesti e dei cicli di lavorazione.

| | Produzione oraria richiesta [unità/h] | CUM PRODOTTI% | % Q | CUM Q% |
|----------|--|---------------|--------|---------|
| Tipo II | 8637 | 33,33% | 47,37% | 47,37% |
| Tipo IIR | 5758 | 66,67% | 31,58% | 78,95% |
| Tipo I | 3839 | 100,00% | 21,05% | 100,00% |
| Totale | 18234 | | 100% | |

Si è arrivati alla conclusione di escludere il layout per processo poiché si hanno pochi prodotti diversi e risulta scarsamente applicabile la creazione dei reparti.

Analizzando l'organizzazione del ciclo produttivo, si evince che la produzione prevede una sequenza di operazioni sullo stesso semilavorato: si hanno infatti tre cicli di lavorazione simili, poiché si producono tre tipologie di mascherine le cui differenze consistono soltanto nella diversa applicazione degli strati di TNT.

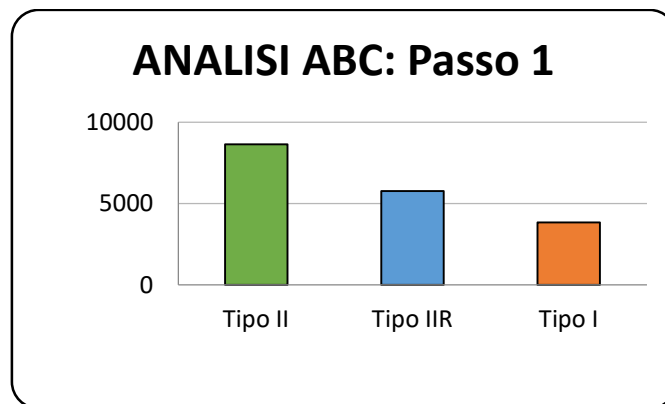


Figura 7. Passo 1 - diagramma di Pareto

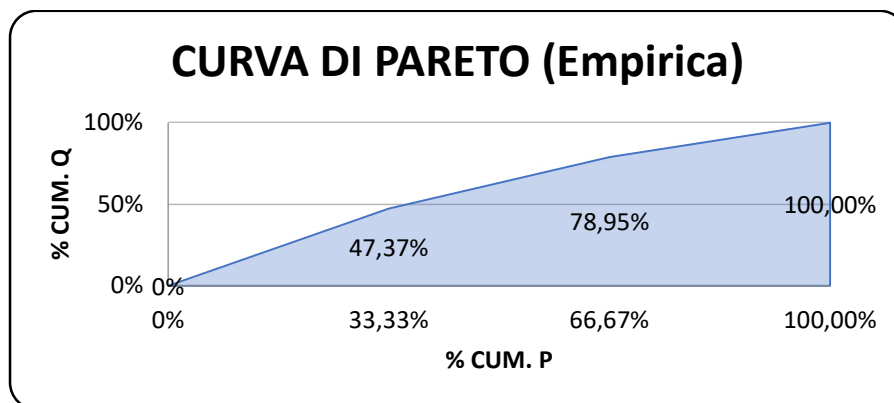


Figura 8. Curva di Pareto

Sulla base della curva di Pareto ottenuta, si è optato per un layout a isole che garantisce maggiore flessibilità per le linee di produzione, mantenendo comunque un buon compromesso tra volume di produzione e numero di prodotti. In particolare, si è deciso di dividere la produzione su due isole, con l'obiettivo di bilanciare i diversi volumi di produzione: nell'isola 1 si producono le mascherine di tipo I e di tipo IIR, mentre nell'isola 2 si produce soltanto la mascherina di tipo II.

CALCOLO DEL NUMERO DI MACCHINE

In base alla percentuale di produzione delle mascherine, sono stati suddivisi i turni dell'isola 1 mentre non è stato necessario effettuare lo stesso calcolo per l'isola 2, in quanto viene prodotto un solo tipo di mascherina. Dai calcoli ottenuti, si è stabilito che siano necessari 4 turni settimanali per la tipo I e 6 per la tipo IIR; per quanto riguarda il tempo di set-up è stato ipotizzato di circa un'ora ogni volta che cambia la produzione. Di seguito sono riportati i diagrammi di Gantt, che rappresentano la suddivisione dei turni per le due isole. Si specifica che l'asse delle ascisse riporta il numero di turni.



Per il calcolo del numero di macchine, è stato necessario definire il takt time: per calcolarlo, si è dovuto calcolare il tempo effettivo di lavoro in ore con la seguente formula:

$$\text{Tempo effettivo [h]} = [(\text{Numero turni} * 7,5) - \text{set up}] * \text{Rendimento}$$

Il takt time per ogni gruppo di macchine e per ogni tipo di prodotto finito, invece, è dato dal rapporto tra il tempo effettivo di lavoro e il numero di unità da lavorare (compresi gli scarti). Infine, il numero di macchine è stato calcolato come il rapporto tra tempo ciclo macchina e il takt time. Di seguito, si riporta la tabella con il numero di macchine ottenute per ogni gruppo di ogni isola.

| NUMERO DI MACCHINE | Isola 1 | Isola 2 |
|------------------------------|---------|---------|
| Gruppo svolgimento | 1 | 1 |
| Gruppo ribaltamento | 1 | 1 |
| Gruppo applicazione laccetti | 1 | 1 |
| Gruppo confezionamento | 1 | 1 |

UBICAZIONE E DIMENSIONAMENTO DEI SERVIZI GENERALI DI STABILIMENTO E CALCOLO DEL FABBISOGNO DI PERSONALE

CALCOLO DEL FABBISOGNO DI PERSONALE

Il numero di addetti necessario al dimensionamento dei servizi generali di stabilimento è stato calcolato valutando quanti operai possono essere presenti contemporaneamente nell'impianto nel caso peggiore, che corrisponde al numero massimo di personale per ogni turno.

Il calcolo degli addetti alle macchine è stato basato sul numero di macchine totali (è stata considerata quindi la somma delle macchine dello stesso tipo presenti sulle due isole) e quanti addetti servono per il funzionamento delle stesse; a tale valore si somma il numero degli addetti ai magazzini (due magazzinieri, un supervisore e un addetto alla logistica per turno per ogni magazzino) e il numero di supervisori (uno per ogni isola) per trovare il numero totale di dipendenti diretti. Si ricava, inoltre, il fabbisogno di personale indiretto.

Il calcolo del fabbisogno di personale è quindi riferito a:

- Operatori che permettono il funzionamento delle macchine presenti nelle due isole.

| PERSONALE DIRETTO - macchine (ipotizzato su un turno) | | | |
|---|----------------------|---------------|-------------------|
| | #operatori per turni | #macchine tot | #totale operatori |
| Gruppo svolgimento | 2 | 2 | 4 |
| Gruppo ribaltamento | 2 | 2 | 4 |
| Gruppo applicazione laccetti | 2 | 2 | 4 |
| Gruppo confezionamento | 1 | 2 | 2 |
| totale | | | 14 |

- Supervisori delle isole e agli addetti dei magazzini; si specifica che i magazzini sono due: uno per le materie prime e uno per i prodotti finiti. Si è scelto di avere due addetti per magazzino in modo da gestire e coordinare in maniera efficiente le risorse.

| PERSONALE DIRETTO - altro (ipotizzato su un turno) | | | |
|--|------------|-----------|----------------------|
| | #operatori | isole | #operatori per turni |
| Supervisori isole | 1 | 2 | 2 |
| | #operatori | magazzini | |
| Addetto magazzini | 2 | 2 | 4 |
| totale | | | 6 |

- Addetti al setup. Si specifica che si è scelto di selezionare uno degli addetti alle macchine per svolgere le operazioni di setup in modo da non assumere un dipendente di una ditta esterna. Inoltre, tale addetto sarà necessario soltanto nell'isola 1, cioè quella in cui si esegue il setup. Sommando i tempi di attrezzaggio delle diverse macchine e tenendo conto del fatto che c'è solo una macchina per gruppo, è sufficiente **1 operatore**.
- Personale indiretto, pari al 20% del fabbisogno totale di dipendenti diretti. Si ottiene quindi una dotazione di personale indiretto pari a **8 dipendenti**.

Il numero totale risulta essere quindi **48 dipendenti** (20 diretti per ogni turno, 8 indiretti).

DIMENSIONAMENTO DEI SERVIZI GENERALI

DIMENSIONI FISSATE:

- *Entrata* = 50 m²
- *Attrezzatura e Manutenzione* = 100 m²
- *Isola tecnica* = 80 m²
- *Area di ricarica carrelli* = 41.14 m²
- *Area di ristoro* = 20 m²

SERVIZI GENERALI:

- *Servizi Igienici*: 28 m². Si è tenuto conto del massimo numero di dipendenti presenti contemporaneamente (28, cioè 20 di personale diretto presente in un turno più gli 8 relativi al personale indiretto); si è ritenuto che 0,25 m² per dipendente non fosse sufficiente; quindi, si è scelto di sovradimensionare tale area unitaria a 1 m² per dipendente.
- *Servizi igienici per disabili*: 7 m². Si è deciso di collocare un servizio igienico per disabili della dimensione di 3,24 m² per ogni locale adibito a servizio igienico presente nello stabilimento. Dal momento che sono stati previsti 2 locali, i servizi igienici per disabili sono 2. Tuttavia, per esigenze di uniformità del layout, tale area unitaria è stata aumentata a 3,5 m² per ogni servizio.
- *Infermeria*: 40 m².
- *Spogliatoi e armadietti*: 68,36 m². Si è tenuto conto del fatto che gli armadietti non siano condivisi dal personale; pertanto, il calcolo è basato sul numero di dipendenti del personale diretto totale (40). Si è deciso di prendere in considerazione 1,6 m² per dipendente per lo spogliatoio, più 0,33*0,33 m² per dipendente per gli armadietti.
- *Uffici*: 162 m². Nel calcolo si è tenuto conto dello spazio per l'ufficio più lo spazio per ogni addetto; inoltre, si è tenuto conto di eventuali spazi per riunioni. Di conseguenza, si è deciso di prendere in considerazione 20,25 m² per dipendente (8 dipendenti degli uffici, pari al personale indiretto).
- *Uffici supervisor isola*: 32 m². Gli uffici sono due, uno per ogni isola, di dimensioni pari a 16m²/cadauno.
- *Mensa*: 42 m². Dal momento che la mensa non è provvista di cucina, si è presa un'area unitaria pari a 1,5 m² per dipendente. Nel calcolo della superficie della mensa, si è tenuto conto del numero massimo di dipendenti contemporaneamente presenti nel turno (28, di cui 20 diretti e 8 indiretti).
- *Parcheggi*: 590,5 m². Nel calcolo del numero di posti auto è stato considerato il 60% del numero di dipendenti totali, con l'aggiunta di un parcheggio per i disabili, per un totale di 29 posti auto da 12,5 m²/cadauno più 1 per disabili da 16 m². Nel calcolo dei posti moto/bici, invece, è stato considerato il 15% del numero di dipendenti, per un totale di 7 posti da 3,5 m²/cadauno. Inoltre, si è deciso di disporre i parcheggi "a pettine": pertanto, l'area di manovra di due parcheggi è condivisa ed è pari a 12,5m² per ogni coppia di parcheggi.

BANCHINE - Lato Materie Prime

Per calcolare il numero di banchine necessarie e l'area di ricevimento merci, si è deciso di considerare il caso peggiore, cioè il giorno in cui abbiamo più unità di materie prime in arrivo (mercoledì, sulla base dei diagrammi di giacenza), e di far arrivare i mezzi in due parti diverse della giornata: all'inizio del primo turno e all'inizio del secondo turno. Pertanto, è stato preso il massimo degli arrivi, basato sulla settimana, diviso su due turni. Inoltre, il calcolo del numero di banchine richiede il numero di unità di carico (in seguito indicata come UdC) per camion, dato dal rapporto

tra area del camion e l'area di base dell'UdC; si è ottenuto un numero pari a 16 UdC per ogni camion TEU (da noi scelti sulla base dei volumi in ingresso e in uscita).

In base a queste considerazioni, il numero di **banchine per le materie prime** è pari a **2**.

Il dimensionamento delle aree di stoccaggio è stato eseguito mediante la seguente formula:

$$Area\ ricevimento\ merci = A * Q * T_m$$

dove A è l'area di base di un'unità di carico, Q è il numero delle unità di carico e T_m è il tempo di accettazione merce e di movimentazione verso il magazzino materie prime, assunto pari a 45 minuti.

| | A = Area di base UdC [mm²] | Q = Numero di unità di carico [UdC/giorno] | T _m = Tempo accettazione e movimentazione [h/giorno] | AREA DI RICEVIMENTO MERCI [m²] |
|---------------|----------------------------|--|---|--------------------------------|
| TNT Spunbond | 960000 | 10 | 0,75 | 7,2 |
| TNT Meltblown | 960000 | 9 | 0,75 | 6,48 |
| TNT Spunlace | 960000 | 2 | 0,75 | 1,44 |
| Laccetti | 960000 | 6 | 0,75 | 4,32 |
| Ferretti | 960000 | 6 | 0,75 | 4,32 |
| TOT | | | | 23,76 |

BANCHINE - Lato Prodotti Finiti

Per il calcolo del numero di banchine è stato eseguito lo stesso procedimento precedentemente descritto per le materie prime. In particolare, si è ipotizzato che i camion di prodotti finiti partano all'inizio del primo turno e all'inizio del secondo turno; pertanto, è stato preso il massimo degli arrivi basato sulla settimana diviso per due turni. Si ottengono, anche in questo caso, **2 banchine** per la **spedizione di prodotti finiti**. Per il calcolo dell'area di spedizione delle merci è stato seguito un ragionamento analogo a quello per il calcolo dell'area di ricevimento merci. La seguente tabella riporta i calcoli.

| | A = Area di base UdC [mm²] | Q = Numero di unità di carico [UdC/giorno] | T _m = Tempo accettazione e movimentazione [h/giorno] | AREA DI RICEVIMENTO MERCI [m²] |
|------------|----------------------------|--|---|--------------------------------|
| Tipo I | 960000 | 6 | 0,75 | 4,32 |
| Tipo II | 960000 | 12 | 0,75 | 8,64 |
| Tipo IIR | 960000 | 6 | 0,75 | 4,32 |
| TOT | | | | 17,28 |

CALCOLO UNITA' DI CARICO

All'interno della nostra isola di produzione, è stata ipotizzata una movimentazione tramite nastri trasportatori: per questo motivo non sono presenti buffer tra un gruppo di macchine e l'altro. Per stimare il numero di bobine per ciascun tipo di materia prima da tenere stoccato in ingresso all'isola, si è tenuto conto del numero di macchine e del relativo consumo di materia prima, determinando quindi un numero di bobine da mantenere presso l'area produttiva tale da minimizzare la scorta nel buffer e allo stesso tempo non fermare la produzione per mancanza di materie prime.

Per tutti i tipi di mascherina è stato stabilito di tenere nel buffer tutte le bobine per avere un turno di copertura.

Per dimensionare il numero di scatole che stanno all'interno di un'unità di carico, è stato diviso il volume totale dell'unità di carico per il volume di una scatola di ogni tipo di materiale, approssimando il risultato per difetto per evitare di superare la capacità dell'unità di carico.

Nella tabella seguente, sono riportati i valori appena discussi.

| Numero di scatole per UdC [scatole/UdC] | |
|---|-----|
| TNT | 54 |
| Laccetti | 432 |
| Ferretti | 432 |

È stato, poi, calcolato il numero di UdC in entrata nel magazzino al giorno, utilizzando la seguente formula:

$$N^{\circ} \text{ bobine in ingresso nel magazzino} = N^{\circ} \text{ bobine nel buffer} / N^{\circ} \text{ di scatole per UdC}$$

Sommando, quindi, tutte le UdC in entrata nel magazzino per ogni tipo di mascherina e sommando un'ulteriore UdC di sicurezza, sono stati ottenuti i risultati sottostanti:

| Numero di UdC da allocare nel buffer MP [UdC/giorno] | |
|--|---|
| TIPO I | 5 |
| TIPO II | 6 |
| TIPO IIR | 7 |

Alla luce del numero ridotto di UdC ottenute, si è deciso di allocare tutte le UdC nel buffer a inizio turno.

Per quanto riguarda il magazzino prodotti finiti, si assume che il gruppo di confezionamento scatole inserisca le mascherine all'interno delle scatole di tipo A e quindi le scatole A in quelle di tipo B. Il numero di scatole B in uscita è stato calcolato dividendo il numero di scatole A in uscita per 12, in quanto ogni scatola B può contenere al massimo 12 scatole A; questo è stato fatto per ogni tipo di mascherina. Poiché a valle del gruppo di confezionamento è presente un robot che sistema le

scatole di tipo B in maniera da formare un pallet, è stato stimato quante scatole di tipo B sono presenti all'interno di un pallet, dividendo il volume dell'UdC per il volume della scatola B, e quanto tempo impiega il robot a riempire il pallet, rapportando il risultato precedentemente ottenuto al numero di scatole B in uscita.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori appena discussi, con l'aggiunta della produzione oraria dei pallet per completezza del risultato.

| Produzione pallet | Produzione pallet orari [h/UdC] | Produzione di pallet per ogni turno [UdC/turno] | Produzione settimanale di UdC [UdC/settimana] |
|--------------------------|--|--|--|
| TIPO I | 11,25 | 0,67 | 2,67 |
| TIPO II | 5,00 | 1,50 | 15,00 |
| TIPO IIR | 7,50 | 1,00 | 6,00 |

DEFINIZIONE DEI SISTEMI DI MOVIMENTAZIONE INTERNA

Per scegliere la tipologia di trasporti interni allo stabilimento, è necessario distinguere i diversi percorsi che i pezzi devono compiere al suo interno.

Si possono distinguere i seguenti tragitti:

1. Magazzino MP → Buffer Isola 1 e Buffer Isola 2
2. Buffer Isola 1 → Isola 1
3. Buffer Isola 2 → Isola 2
4. Tragitti dei singoli pezzi all'interno delle relative isole
5. Isole → Buffer finale di ogni isola
6. Buffer finale di ogni isola → Magazzino PF

I tragitti 1 e 6 prevedono lo spostamento di singole UdC (1 pallet) non sovrapponibili, data la fragilità del materiale in essi contenuto. Tuttavia, si ha la necessità di sollevare i carichi per il prelievo e lo stoccaggio, dal momento che si prevede la presenza di scaffalature all'interno dei magazzini. Per questi motivi, si prevede un trasporto tramite carrello elevatore a forche frontali.

I tragitti 2 e 3 (tra buffer e isole) prevedono lo spostamento di singoli colli (in seguito all'operazione di *depallettizzazione* che avviene nel buffer prima dell'ingresso delle bobine nelle isole); pertanto, si ritiene che il sistema di trasporto più adeguato sia un carrello a traslazione manuale a 4 ruote girevoli (pivottanti), al fine di garantire una maggiore manovrabilità nella zona antistante alle isole.

Infine, i tragitti all'interno delle isole riguardano pezzi singoli; pertanto, il tipo di trasporto più indicato è il convogliatore a nastro o nastro trasportatore.

Di seguito, si riporta la descrizione dettagliata dei singoli sistemi di movimentazione interna adottati.

CARRELLO ELEVATORE A FORCHE FRONTALI

Come discusso in precedenza, per la movimentazione dei pallet dal magazzino MP ai buffer che precedono le isole, si è deciso di utilizzare un carrello elevatore a forche frontali: in particolare, il modello scelto è il carrello **EFG 316-320** della marca **Jungheinrich**.

Tale carrello è caratterizzato da un'unità di sollevamento, composta da un montante e dalle tipiche due forche che hanno una distanza di 1,20m l'una dall'altra. Tale unità di sollevamento ha la possibilità di inclinarsi in avanti ed indietro per facilitare le operazioni di movimentazioni delle merci. Il carrello elevatore ha due assi; quello posteriore fisso è l'assale motore, mentre quello anteriore sterzante è incernierato al centro per assorbire le eventuali irregolarità del terreno. Il conducente è seduto su un sedile posto fra i due assali, e dispone di comandi simili a quelli dell'automobile. In questo caso, i carrelli elevatori utilizzati all'interno dello stabilimento sono dotati di un motore elettrico, adatto agli ambienti chiusi. Si precisa, inoltre, che tale carrello utilizza una tecnologia detta *"PureEnergy"*, basata sull'impiego di ioni di litio: il carrello, pertanto, sarà sempre pronto all'uso grazie ai tempi di ricarica estremamente brevi. Inoltre, tale tecnologia presenta alcuni vantaggi:

- Non necessita del cambio di batteria;
- Risparmio sui costi grazie alla lunga durata e all'assenza di manutenzione rispetto alle batterie piombo-acido;
- Non sono necessari sistemi di aerazione poiché tale tecnologia è priva di esalazioni.

Si riportano nella tabella sottostante le specifiche dei carrelli utilizzati:

| COSTRUTTORE | JUNGHEINRICH |
|---|---------------------|
| MODELLO | EFG 316 |
| TRAZIONE | Elettrica |
| PORTATA NOMINALE [KG] | 1600 |
| PESO PROPRIO [KG] | 2945 |
| LUNGHEZZA CARRELLO (ESCLUSE FORCHE) [MM] | 2098 |
| LUNGHEZZA TOTALE CARRELLO [MM] | 3248 |
| DISTANZA TRA FRONTE FORCHE E ASSE RUOTE ANTERIORI [MM] | 350 |
| PASSO DELLE RUOTE [MM] | 1508 |
| RAGGIO MINIMO STERZATURA [MM] | 1985 |
| LARGHEZZA CORSIA DI LAVORO CON PALLET 800X1200 [MM] | 3729 |
| SOLLEVAMENTO MASSIMO FORCHE [MM] | 3000 |
| ALTEZZA MONTANTE SOLLEVATO [MM] | 3590 |
| VELOCITÀ TRASLAZIONE MASSIMA CON/SENZA CARICO [M/S] | 4,72 / 4,72 |
| VELOCITÀ SOLLEVAMENTO MASSIMA CON/SENZA CARICO [M/S] | 0,49 / 0,6 |

Nella figura 9, si riporta inoltre l'immagine relativa a tale carrello.

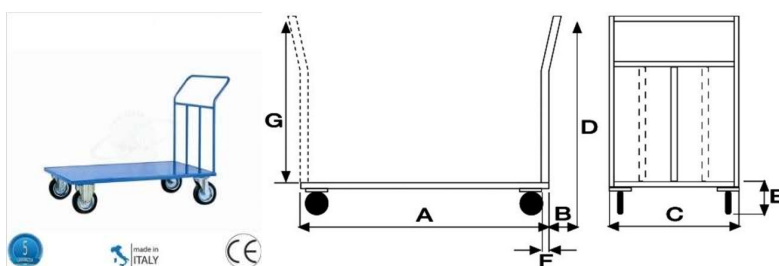


Figura 9. JUNGHEINRICH EFG 316

CARRELLO A TRASLAZIONE MANUALE

Si è scelto di utilizzare i carrelli a traslazione manuale **ART044ELGIR** della marca **CARMECCANICA**, dotati di 4 ruote pivotanti per garantire una migliore manovrabilità del mezzo che trasporta i colli dai buffer alle isole dopo l'operazione di depallettizzazione.

I carrelli scelti sono dotati di ruote in gomma elastica (\varnothing mm 200), nucleo in alluminio e con mozzo con scorrimento cuscinetto a sfera. Tali ruote sono appunto girevoli, ovvero sono in grado di ruotare attorno al loro asse verticale grazie a supporti zincati con doppia corona di sfere. I supporti delle ruote sono imbullonati alla struttura attraverso contropiastre saldate allo chassy. Il pianale è in lamiera e il manico di spinta tubolare è tondo con quattro traverse di contenimento. Tale carrello presenta inoltre una verniciatura a polveri acriliche. In figura 10 è presente l'immagine relativa a tale carrello manuale.



| ART | A | B | C | D | E | F |
|---------------|------|----|-----|------|-----|----|
| 044ELGIR [mm] | 1200 | 70 | 800 | 1055 | 270 | 30 |

Figura 10. ART044ELGIR-Car meccanica

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche dei carrelli scelti.

| | CARMECCANICA |
|-------------------------------------|----------------|
| Modello | ART044ELGIR |
| Trazione | Manuale |
| Portata nominale [Kg] | 65 |
| Peso proprio [Kg] | 41 |
| Lunghezza totale carrello [mm] | 3248 |
| Dimensioni totali del carrello [mm] | 1300x800x1055h |

Per quanto riguarda la velocità di traslazione di tali carrelli, si devono seguire le norme indicate nella Gazzetta Ufficiale (ALLEGATO I, PARTE PRIMA, "REQUISITI TECNICI PER I CARRELLI SEMOVENTI PER MOVIMENTAZIONE", 9.6.1): *"I carrelli con operatore a terra ed avanzamento ad azione diretta devono essere progettati in modo da non poter raggiungere velocità superiori a 4 km/h a vuoto e in piano"*.

Si suppone inoltre di avere a disposizione un carrello a traslazione manuale per ogni isola.

TRASPORTATORI A NASTRO

I percorsi all'interno delle isole prevedono lo spostamento di pezzi sciolti: di conseguenza, il tipo di trasporto interno più adatto è il trasportatore a nastro, che consente la movimentazione continua e orizzontale di carichi leggeri.

Tale sistema comporta vari vantaggi: ha bassi consumi di energia, non necessita di sorveglianza e consente un trasporto continuo.

I suoi principali elementi sono:

- Un nastro di sostegno del carico;
- Una doppia serie di rulli;
- Una puleggia motrice;
- Una puleggia di rinvio;
- Una struttura metallica.

In particolare, si è scelto di utilizzare il nastro trasportatore della marca VEVOR; di seguito sono riportate due immagini illustrative (figura 11 e figura 12) e le caratteristiche principali.

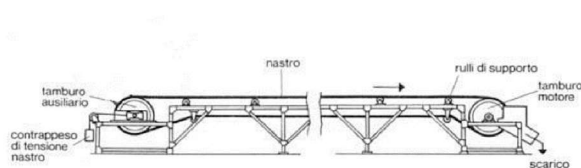


Figura 11. Elementi del nastro trasportatore



Figura 12. Nastro trasportatore-VEVOR

| | VEVOR |
|----------------------------------|----------------------------|
| Materiale | Acciaio Inossidabile + PVC |
| Tensione nominale | 220 V / 50 Hz |
| Potenza | 60 W |
| Motore | Motoriduttore |
| Velocità regolabile | 30-120 giri/min |
| Dimensioni della Cintura (L x L) | 150 x 20 cm |
| Spessore della Cinghia | 2,5 mm |
| Lunghezza del trasportatore | 117 cm |
| Larghezza del trasportatore | 25 cm |
| Altezza del trasportatore | 74 cm |
| Peso del prodotto | 19 kg |

CALCOLO DEL FABBISOGNO DI CARRELLI

Il fabbisogno di carrelli elevatori a forche frontali per la movimentazione dei pallet dal magazzino MP ai buffer che precedono le isole e dai buffer a valle delle isole al magazzino PF è stato calcolato attraverso la formula:

$$C = \sum \frac{N_i * t_i}{n_i * h}$$

dove:

- N_i = numero di unità di carico da trasportare;
- t_i = tempo in ore richiesto per movimentare il carico dell'i-esimo prodotto;
- n_i = numero di unità di carico trasportabili in un viaggio (nel caso in esame $n_i=1$ sempre, poiché i pallet da trasportare non sono sovrapponibili);
- h = numero di ore lavorative al giorno per ogni carrello.

MAGAZZINO MP → BUFFER ISOLA 1 E BUFFER 2

Per la mascherina di **tipo I**, si hanno:

- $N_i = 5$;
- $t_i = 68,05$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori dettagli si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio "Numero Carrelli").
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Per la mascherina di **tipo II**, si hanno:

- $N_i = 6$;
- $t_i = 63,81$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori dettagli si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio "Numero Carrelli").
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Per la mascherina di **tipo IIR**, si hanno:

- $N_i = 7$;
- $t_i = 68,05$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori dettagli si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio "Numero Carrelli").
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Utilizzando la formula vista in precedenza, si ottiene **$C = 0,055532015$** .

Dal calcolo risulta quindi che il carrello sia molto sottoutilizzato: di conseguenza, si è deciso di condividere tale carrello con il trasporto dai buffer a valle delle isole al magazzino PF, di cui nel seguito verrà analizzato il numero di carrelli necessari.

BUFFER A VALLE ISOLA 1 E ISOLA 2 → MAGAZZINO PF

Analogamente a quanto visto nella movimentazione da magazzino MP a buffer, si analizzano i diversi dati dei singoli prodotti.

Per la mascherina di **tipo I**, si hanno:

- $N_i = 3$;
- $t_i = 62,12$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori dettagli si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio "Numero Carrelli").
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Per la mascherina di **tipo II**, si hanno:

- $N_i = 15$;
- $t_i = 63,39$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori dettagli si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio "Numero Carrelli").
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Per la mascherina di **tipo IIR**, si hanno:

- $N_i = 6$;

- $t_i = 62,12$ s; tale numero è stato calcolato sulla base della velocità del carrello e della distanza tra magazzino e il relativo buffer (per ulteriori si può fare riferimento al file Excel, in particolare il foglio “Numero Carrelli”).
- $h = 6$ ore lavorative (delle 7,5 h effettive del turno si considerano solo 6 h di attività del carrello);
- $n_i = 1$ (già discusso in precedenza).

Utilizzando la formula vista in precedenza, si ottiene **C = 0,069903484**.

Come preannunciato, alla luce dello scarso utilizzo del carrello, si è deciso di condividere **1 carrello** per le due movimentazioni sopra analizzate. Tuttavia, si è deciso di acquistare **2 carrelli elevatori**, allo scopo di prevenire eventuali interruzioni dovute a guasti al carrello o ad altre situazioni di emergenza.

DEFINIZIONE DEI MAGAZZINI E INDICI DI PRESTAZIONE

DEFINIZIONE MAGAZZINO MATERIE PRIME

Per quanto riguarda il sistema di stoccaggio del magazzino materie prime, è stata scelta una scaffalatura di tipo Drive-Through con un doppio corridoio di accesso. Tale sistema presenta alcuni vantaggi, elencati di seguito:

- risultano idonee a magazzini che seguono una logica FIFO (First In First Out);
- massimo sfruttamento dello spazio disponibile (fino ad all'85%);
- eliminazione delle corsie tra le scaffalature;
- rigoroso controllo di entrate e uscite;
- gli operatori possono accedere al carico lateralmente;
- accessibile da un lato o da entrambi;
- elevato grado di sfruttamento dello spazio grazie al sistema di stoccaggio compatto.

Il numero di livelli massimo realizzabili è 2: tale numero fa sì che tutte le unità di carico siano stoccabili e prelevabili dai carrelli precedentemente scelti.

Per determinare il numero di vani è stato necessario calcolare l'indice di ricettività, corrispondente al massimo numero di unità di carico stoccabili in magazzino e calcolato in base alla capacità di stoccaggio pari a N_m giorni lavorativi per le materie prime e C_m per i prodotti finiti: dai calcoli si è ottenuto un numero di vani pari rispettivamente a 90 e 32.

Le dimensioni delle scaffalature tengono conto delle distanze di sicurezza: in particolare, lunghezza e larghezza presentano una distanza di sicurezza da entrambi i lati, mentre per quanto riguarda l'altezza si ha un'altezza di sicurezza diversa a seconda del livello del pallet all'interno della scaffalatura.

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i dati appena discussi.

| Distanze di sicurezza | |
|------------------------|-----|
| Lunghezza [mm] | 25 |
| Larghezza [mm] | 75 |
| altezza livello 1 [mm] | 150 |
| altezza livello 2 [mm] | 200 |

BUFFER MATERIE PRIME

Per dimensionare il buffer delle materie prime si considera una UdC di sicurezza. Si ottengono 6 UdC di tipo I e 8 UdC di tipo IIR: si prende quindi il massimo tra le due e il buffer dell'isola 1 sarà dimensionato per 8 UdC. Nel buffer dell'isola 2 invece si hanno 7 UdC di tipo II da stoccare.

DEFINIZIONE MAGAZZINO PRODOTTI FINITI

Per quanto riguarda il magazzino prodotti finiti, come anticipatamente segnalato il numero di vani risulta essere 32; tenendo poi conto delle distanze di sicurezza precedentemente riportate, si ottengono le seguenti dimensioni per la scaffalatura dei prodotti finiti:

| Dimensione scaffalatura [mm] | Lunghezza [mm] | Larghezza [mm] | altezza livello 1 [mm] | altezza livello 2 [mm] |
|------------------------------|----------------|----------------|------------------------|------------------------|
| Tipo I | 850 | 1350 | 2150 | 0 |
| Tipo II | 850 | 1350 | 2100 | 2150 |
| Tipo IIR | 850 | 1350 | 2100 | 2150 |
| TOTALE | 2550 | 4050 | | |

È stato ipotizzato di fare 3 file da 8 vani ciascuna, con due livelli verticali per la tipo II e un livello verticale per tipo I e IIR, in base alla ricettività che è pari a 8 per tipo I e IIR e 16 per tipo II.

Anche per il magazzino PF è riportato di seguito un disegno esemplificativo (figura 14), in cui vengono dimensionati anche i corridoi. Tutte le dimensioni sono in mm.

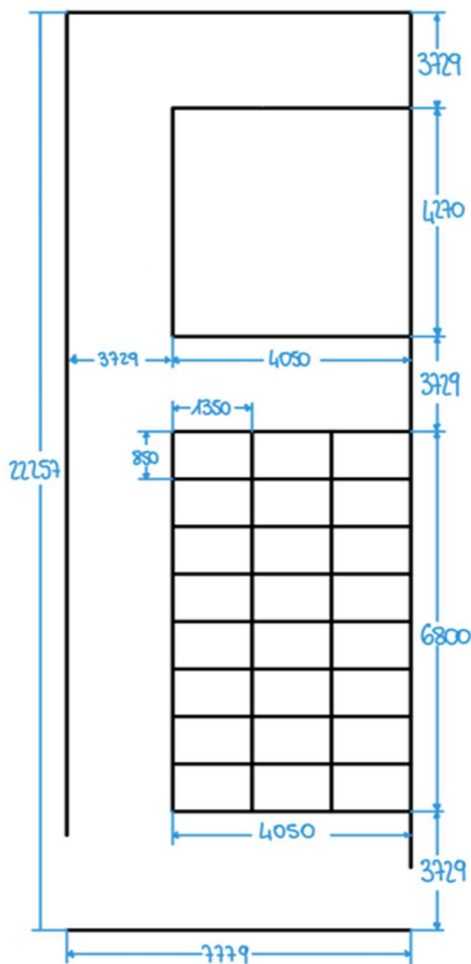


Figura 14: Magazzino Prodotti Finiti

Considerando l'area di stoccaggio e le dimensioni dei corridoi, si ottiene un'area totale del magazzino PF pari a 173,14 m².

BUFFER PRODOTTI FINITI

Per il dimensionamento del buffer sono state calcolate le UdC da stoccare nel buffer, per entrambe le isole e considerando una UdC di sicurezza, ottenendo un totale di 3 per l'isola 1 e 3 per l'isola 2.

INDICI DI PRESTAZIONE

La **Ricettività** è il numero massimo di unità di carico stoccabili e coincide con il numero di vani occupati. Questa è stata calcolata in precedenza.

Invece, la **Selettività** con più codici a magazzino è data da:

$$I_s = \frac{\text{\#codici direttamente accessibili}}{\text{\#totale di codici}}$$

La superficie di stoccaggio è stata calcolata come la superficie occupata dalla scaffalatura per il numero di scaffalature del magazzino.

La superficie totale del magazzino invece considera, oltre alla superficie di stoccaggio, la superficie occupata anche dai corridoi. È stato poi calcolato il C_s in percentuale.

$$\text{Coefficiente superficiale } C_s = \frac{S_{\text{stoccaggio}}}{S}$$

Il volume di stoccaggio viene calcolato come la superficie di stoccaggio per l'altezza raggiunta dalle scaffalature. È stato poi calcolato il C_v in percentuale.

$$\text{Coefficiente volumetrico } C_v = \frac{V_{\text{stoccaggio}}}{V}$$

La potenzialità di movimentazione, invece, si calcola come:

Potenzialità di movimentazione = numero di UdC "movimentate" nell'unità di tempo

Per questo calcolo è stato considerato il rapporto tra le unità di carico medie movimentate al turno e le ore per turno al giorno, cioè 7,5 ore al giorno. L'unità di misura è [UdC/h].

Si riporta di seguito la tabella con i risultati ottenuti.

| CALCOLO INDICI | Scaffalatura magazzino MP | Area stoccaggio magazzino MP | Scaffalatura magazzino PF | Area spedizioni magazzino PF | Buffer MP ISOLA 1 | Buffer MP ISOLA 2 | Buffer ISOLA 1 PF | Buffer ISOLA 2 PF |
|---|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ricettività | 90 | 25 | 32 | 18 | 8 | 7 | 2 | 2 |
| Selettività | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coefficiente di sfruttamento superficie | 20% | 77% | 16% | 67% | 9% | 8% | 20% | 20% |
| Coefficiente di sfruttamento volume | 10% | 25% | 18% | 22% | 3% | 3% | 6% | 6% |
| Potenzialità di movimentazione [UdC/h] | 1,2 | 1 | 0,426666667 | 0,533333333 | 0,186666667 | 0,093333333 | 0,053333333 | 0,04 |

APPLICAZIONE DEI PRINCIPI LEAN PRODUCTION ALLA PRIMA PROPOSTA DI LAYOUT

VALUE STREAM MAP

Nel caso dell'impianto in esame, è stato necessario realizzare tre VSM separate, una per ogni tipologia di mascherina chirurgica.

Come si può vedere dalle VSM seguenti (figure 15, 16, 17), si è assunto che i clienti adoperino una previsione mensile e un rifornimento settimanale; la stessa logica è stata assunta dal controllo della produzione verso i fornitori.

Per comodità i vari componenti sono stati indicati con una lettera: A=Spunbond, B=Meltblown, C=Spunlace, D=laccetti, E=ferretti.

Nelle VSM presentate di seguito, l'*uptime* è stato calcolato con la formula:

$$uptime_i = \frac{\text{tempo effettivo disponibile per la produzione della mascherina } i - \text{esima}}{\text{tempo totale di produzione della mascherina } i - \text{esima}}$$

Inoltre, il denominatore dell'*uptime* corrisponde all'*availability* relativa alla mascherina i-esima.

Nella VSM sono anche presenti i valori relativi ai tempi a valore aggiunto e quelli a valore non aggiunto. In particolare, si specifica che è stato anche effettuato il calcolo del tempo a valore non aggiunto relativo al trasporto delle mascherine sul nastro (vedere il file Excel per ulteriori dettagli).

Infatti, si è considerato il numero di passi, cioè:

$$N_{passi} = \frac{d_i + d_{i+1} + 1}{0,175}$$

Dove d_i e d_{i+1} sono le distanze tra gli interassi delle macchine e il bordo esterno della macchina stessa (rispettivamente per la i-esima e la sua consecutiva, cioè la i+1esima) più 1 m di sicurezza tra le due macchine; 0,175 m invece è la lunghezza della singola mascherina.

Per ottenere il tempo di transito della mascherina sul nastro trasportatore, è stata utilizzata la seguente formula:

$$t_{transito\ mask} = N_{passi} * TT$$

Come si evince dalle VSM stesse, tali valori risultano non significativi rispetto ai tempi a valore non aggiunto presenti nel processo; tuttavia, si è deciso di riportarli ugualmente nella VSM per completezza.

Inoltre, nel calcolo dei tempi a valore non aggiunto si è tenuto conto dell'indice di copertura per i magazzini MP e PF e, per quanto riguarda i tempi di attesa nei buffer, si è tenuto conto della giacenza media e della domanda relative allo stesso intervallo temporale.

Infine, tali figure riportano anche il tempo di attraversamento totale, ottenuto dalla somma di tutti i tempi (sia a valore aggiunto che non) presenti nel processo; per ulteriori dettagli sul calcolo, si rimanda direttamente alle figure 15, 16, 17 e al file Excel.

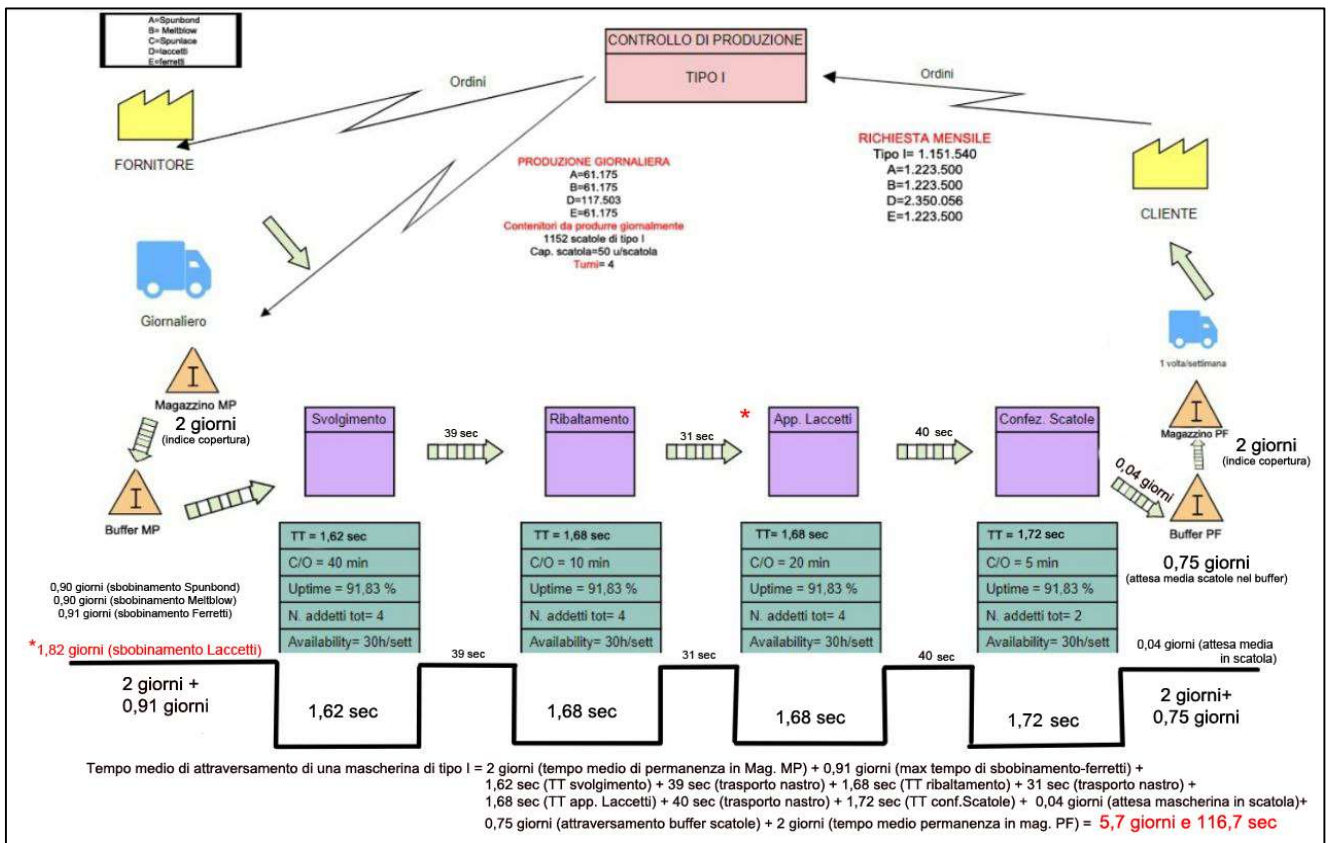


Figura 15. Value Stream Map della mascherina di tipo I

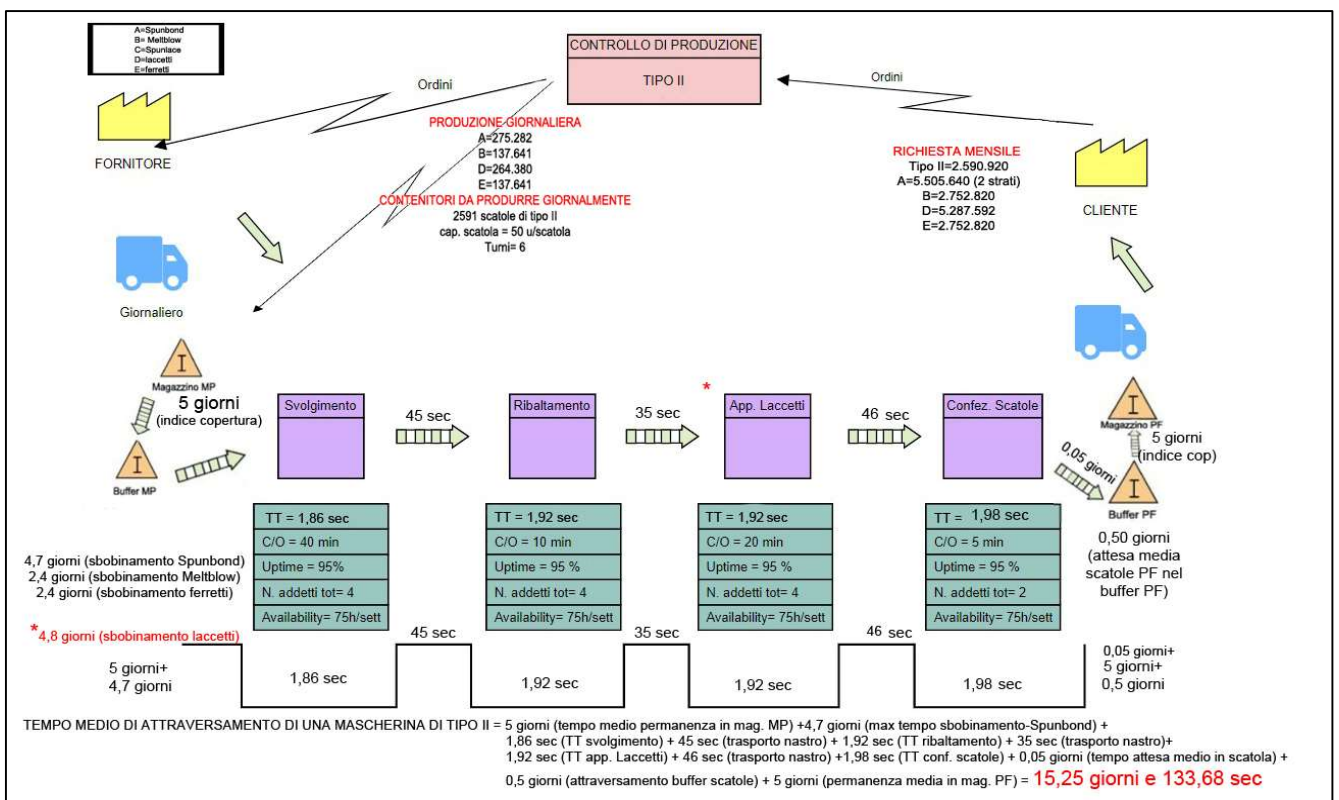


Figura 16. Value Stream Map della mascherina di tipo II

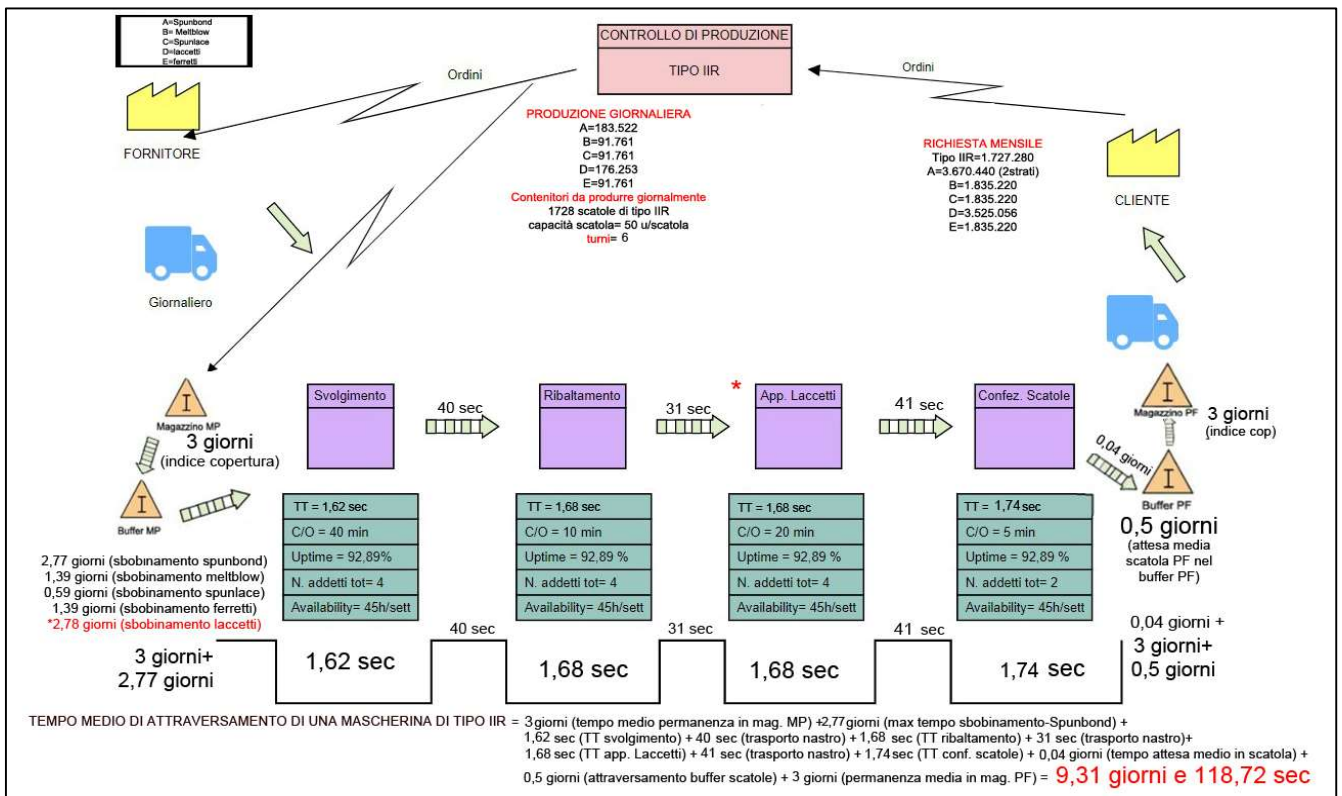


Figura 17. Value Stream Map della mascherina di tipo IIR

Le Value Stream Map sopra presentate mostrano una forte discrepanza tra i tempi a valore aggiunto, nell'ordine di grandezza dei secondi, e il tempo di attraversamento totale, nell'ordine di grandezza dei giorni lavorativi:

Tempo a valore aggiunto << Tempo medio di attraversamento di una mascherina

SPAGHETTI CHART

L'analisi prende in considerazione la mappatura dei flussi fisici del processo produttivo (figura 18).

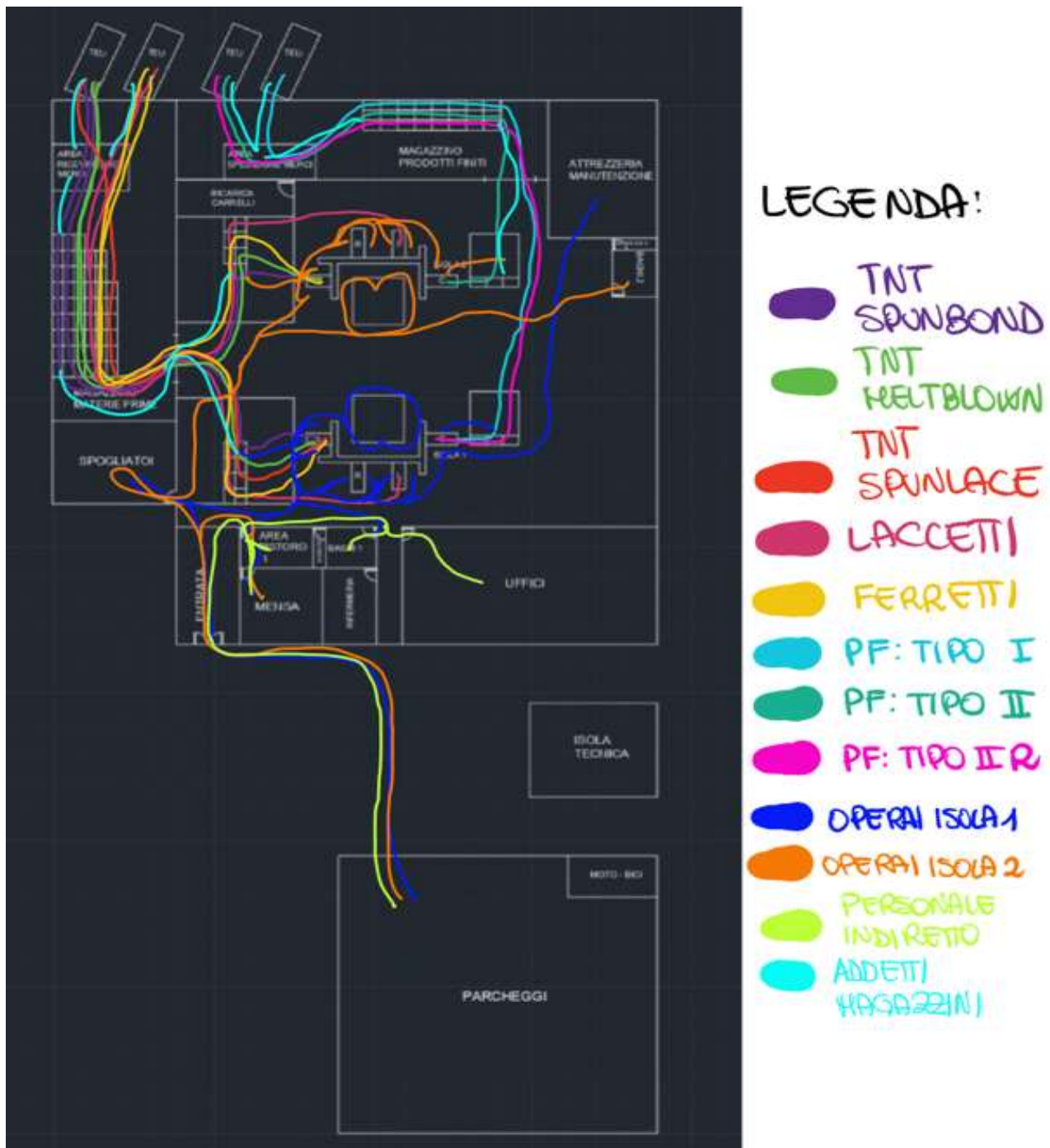


Figura 18. Spaghetti Chart e relativa legenda dei colori utilizzati

Calcolo delle distanze percorse

Nella realizzazione dello Spaghetti Chart, sono state calcolate le distanze percorse dai materiali nella loro movimentazione nell'impianto (nella prima proposta di layout) sommando le lunghezze dei vari movimenti tramite lo strumento "misura" di AutoCAD. Come punto di partenza, si è considerato il punto medio dell'area di stoccaggio dedicata a ciascun materiale. La movimentazione è stata

calcolata dal punto di ingresso dei vari buffer, isole e del magazzino materie prime, considerando anche il movimento all'interno degli stessi. Con queste ipotesi, si giunge ai dati che seguono:

| DISTANZE MP/PF/OPERAI [mm] | ISOLA 1 | ISOLA 2 | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|-------|
| TNT Spunbond | 32193 | 30354 | |
| TNT Meltblown | 30914 | 30400 | |
| TNT Spunlace | 38900 | | |
| Laccetti | 40527 | 39915 | |
| Ferretti | 32434 | 31864 | |
| PF: tipo I | 37220 | | |
| PF: tipo II | | 25143 | |
| PF: tipo IIR | 36973 | | |
| Operai | 87080 | 115569 | |
| Addetto setup | 117080 | - | |
| Supervisore isole | 117750 | 141919 | |
| Personale Indiretto | | | 83552 |
| Addetto mag. MP | 27710 | 27135 | |
| Addetto mag. PF | 34936 | 22859 | |

Calcolo delle frequenze di movimentazione

Le frequenze si esprimono come *numero di viaggi per unità di tempo*, dove si considera come intervallo di tempo la settimana; il numero di viaggi si ricava dividendo il fabbisogno nell'unità di tempo (settimanale) per il numero di unità di carico trasportabili in un singolo viaggio.

Frequenze MP: - banchina - area ricevimento merci - magazzino MP [missioni/settimana]

| | |
|---------------|----|
| TNT Spunbond | 25 |
| TNT Meltblown | 15 |
| TNT Spunlace | 5 |
| Laccetti | 15 |
| Ferretti | 15 |

Frequenze MP: magazzino MP - buffer MP

ISOLA 1 - TIPO I [missioni/turno]

| | |
|---------------|---|
| TNT Spunbond | 1 |
| TNT Meltblown | 1 |
| TNT Spunlace | |
| Laccetti | 1 |
| Ferretti | 1 |

| | |
|-----------|---|
| Sicurezza | 1 |
| tot: | 5 |

Frequenze MP: magazzino MP - buffer MP

ISOLA 1 - TIPO IIR [missioni/turno]

| | |
|---------------|---|
| TNT Spunbond | 2 |
| TNT Meltblown | 1 |
| TNT Spunlace | 1 |
| Laccetti | 1 |
| Ferretti | 1 |
| Sicurezza | 1 |
| tot: | 7 |

Frequenze MP: magazzino MP - buffer MP

ISOLA 2 - TIPO II [missioni/turno]

| | |
|---------------|---|
| TNT Spunbond | 2 |
| TNT Meltblown | 1 |
| TNT Spunlace | |
| Laccetti | 1 |
| Ferretti | 1 |
| Sicurezza | 1 |
| tot: | 6 |

Frequenze PF: magazzino PF - area spedizione merci - banchina [missioni/settimana]

| | |
|----------|----|
| Tipo I | 10 |
| Tipo II | 20 |
| Tipo IIR | 20 |

ANALISI DELLE CRITICITA'
● INCROCIO PERICOLOSO

All'uscita del magazzino MP è presente un incrocio notevole tra il flusso degli operai che raggiungono l'isola 2 e il trasporto di UdC da MP a buffer isole.

● ENTRATA

L'entrata non si trova nella posizione ottima rispetto ai flussi dei materiali.

- **SERVIZI IGIENICI**

Un altro incrocio avviene tra la movimentazione di UdC dal buffer prodotti finiti al magazzino e il raggiungimento del secondo locale adibito a servizio igienico.

APPLICAZIONE DEI PRINCIPI LEAN PRODUCTION: DEFINIZIONE DEI MIGLIORAMENTI

METODO 5 WHYS

Incrocio pericoloso

- Perché?

Perché i corridoi sono condivisi per più movimentazioni e peraltro non sono rettilinei;

- Perché?

Perché al momento la disposizione del layout non presenta la disposizione ottimale dell'area produttiva;

- Perché?

Perché gli spogliatoi sono stati messi vicino al magazzino MP e quindi gli operatori si incrociano con le MP.

Si potrebbe avviare facendo passare gli operai all'esterno delle isole quando il carrello elevatore è in azione.

Al fine di non ottenere uno spreco sarebbe ideale riposizionare gli spogliatoi verso il centro dell'impianto.

Entrata

- Perché?

Perché è stato deciso di mettere l'entrata vicino agli spogliatoi ma andando a spostare gli stessi si andrà a spostare anche l'entrata.

- Perché?

Per permettere una movimentazione più efficace del flusso dei dipendenti.

Di pari passo è consigliabile posizionare anche l'entrata verso il centro, in modo tale da avere accesso ai servizi generali con distanze ridotte.

Servizi Igienici

- Perché?

Perché risulta essere un bisogno primario, il quale non è posizionato nel punto corretto.

- Perché?

Perché incrociano il flusso dei carrelli dal buffer al magazzino PF e questo risulta essere pericoloso.

- Perché?

Perché risultano essere distanti dall'isola.

Si potrebbe pensare di spostare il servizio igienico vicino alla ricarica dei carrelli, così da eliminare l'incrocio.

METODO DELLE 5S

a) Flusso di materiali

- All'uscita del magazzino MP è presente un incrocio notevole tra il flusso degli operai che raggiungono l'isola 2 e il trasporto di UdC da MP a buffer isole.
- SEPARARE: separare i flussi creando due corridoi da utilizzare in maniera alternata.
- ORDINARE: definire la circolazione ordinata dei materiali e degli operai. A inizio turno gli operai utilizzeranno il corridoio di sinistra perché quello di destra, che collega il magazzino MP all'area buffer, è impegnato dai carrelli elevatori che trasportano le UdC.
- PULIRE: evitare qualunque tipo di intralcio.
- STANDARDIZZARE: implementare un piano di utilizzo alternato dei corridoi.
- DISCIPLINA: -

b) Entrata

- L'entrata non si trova nella posizione ottima rispetto ai flussi dei materiali.
- SEPARARE: dividere i flussi di operai che devono andare nelle due isole e negli uffici.
- ORDINARE: spostamento dell'entrata verso il centro dello stabilimento, in modo da evitare passaggi obbligati nell'area produttiva.
- PULIRE: evitare spostamenti superflui attraverso l'area produttiva.
- STANDARDIZZARE: -
- DISCIPLINA: -

c) Servizi igienici

- Un altro incrocio avviene tra la movimentazione di UdC dal buffer prodotti finiti al magazzino e il raggiungimento del secondo locale adibito a servizio igienico.
- SEPARARE: separare i flussi di personale che devono raggiungere il bagno dai flussi di prodotti finiti che dal buffer devono raggiungere il magazzino prodotti finiti.
- ORDINARE: spostamento del magazzino prodotti finiti al lato est dello stabilimento e il bagno sul lato nord.
- PULIRE: evitare qualunque tipo di intralcio.
- STANDARDIZZARE: -
- DISCIPLINA: -

BENEFICI APPORTATI DA CIASCUN MIGLIORAMENTO:

- Riduzione delle distanze percorse, in particolare dimezzamento (da 20 mt ca a 9 mt) della distanza tra il servizio igienico e l'isola e conseguente assenza di incroci tra i flussi di personale e materiale.
- Riduzione di intralcio tra flussi di materiale e personale.

DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI FABBRICATI

Materiale di costruzione delle strutture portanti

Per realizzare la struttura portante dello stabilimento e i pilastri è stato scelto il cemento armato. Tale scelta è stata fatta alla luce delle principali caratteristiche di questo materiale, elencate brevemente di seguito:

- Elevata resistenza al fuoco;
- Resistenza agli agenti corrosivi;
- Buona capacità termica;
- Ridotta trasmissione di rumori e vibrazioni;
- Permette di realizzare maglie ampie con un ridotto numero di pilastri.

Maglia del fabbricato e ingombro dei pilastri

La maglia adottata per il fabbricato, in base alla scelta del cemento armato come materiale, è quella che presenta interassi 24x12 metri. Si è adottata una maglia il più possibile regolare, tranne che nella parte del fabbricato relativa agli uffici, in cui si ha una maglia di 9,285x12 metri. Tale irregolarità è dovuta al fatto che è stato lasciato uno spazio in funzione di un futuro ampliamento dell'area dei magazzini MP.

I pilastri, anch'essi in cemento armato, presentano un ingombro di 300x300 mm; pertanto, tali dimensioni sono conformi alle specifiche assegnate (min 150x200 mm, max 500x1000 mm).

Altezza netta sotto filo catena

Il fabbricato presenta un'altezza netta sotto filo catena pari a 6 metri e tale altezza risulta omogenea in tutto il fabbricato, nell'ottica di facilitare eventuali futuri re-layout. Si specifica che la dimensione verticale più rilevante nel nostro fabbricato risulta essere quella delle scaffalature dei magazzini MP e PF, pari a 4,25 m. Infine, per ragioni di sicurezza, si è deciso di lasciare libero circa 1 m in altezza tra gli scaffali e la copertura del fabbricato; pertanto, si è deciso di arrotondare a 6 m.

Tipo di copertura

La copertura adottata è a dente di sega, molto utilizzata negli impianti industriali poiché garantisce un'ottima illuminazione naturale diurna. Si tratta di una combinazione di acciaio e vetro costituita da un certo numero di falde piane, che si susseguono in due ordini, diversamente inclinati rispetto all'orizzontale.

Numero e posizione dei principali portoni industriali

Il numero di portoni industriali predisposti nel nostro fabbricato è pari a 2: essi sono posizionati agli estremi del corridoio principale di stabilimento, con l'obiettivo di favorire l'ingresso e l'uscita di eventuali macchinari predisposti per le manutenzioni, sostituzioni ed evitare incroci pericolosi con l'entrata dello stabilimento.

La tipologia di portone industriale scelta è quella del portone scorrevole a pannelli coibentati: tale tipologia di infisso permette di aumentare lo spazio interno usufruibile e la coibentazione dei pannelli garantisce un isolamento termico adeguato.

Uscite di emergenza

Il fabbricato è stato suddiviso in due zone di rischio di incendio:

- *Magazzini MP e PF e isole di produzione:* tali zone presentano un grado di rischio alto, dovuto alla presenza di tessuti e scatole di cartone, entrambi oggetti molto infiammabili. Pertanto, le uscite di sicurezza in queste zone sono disposte a 15/30m, con un tempo max di evacuazione pari a 1 minuto.
- *Resto del fabbricato:* si è previsto un rischio di incendio medio: le uscite di sicurezza sono quindi disposte a 30/45 m, con un tempo di evacuazione massimo di 3minuti.

Seguendo tali criteri, sono state predisposte 13 uscite di sicurezza, disposte su 9 posizioni diverse (4 di queste postazioni presentano una doppia uscita di sicurezza, pertanto il numero totale di porte è 13).

In figura 19 è mostrata la disposizione delle uscite di emergenza (segnalate da una apposita freccia) con le relative aree di competenza per l'evacuazione delle aree a rischio incendio. Si precisa che sono state colorate di rosso le aree a rischio di incendio elevato, mentre in arancione il resto del fabbricato con un rischio di incendio medio. Dalla figura si evince che le distanze (indicate in mm e illustrate dai raggi delle circonferenze) considerate sono nettamente entro i valori prefissati per ogni area di rischio.

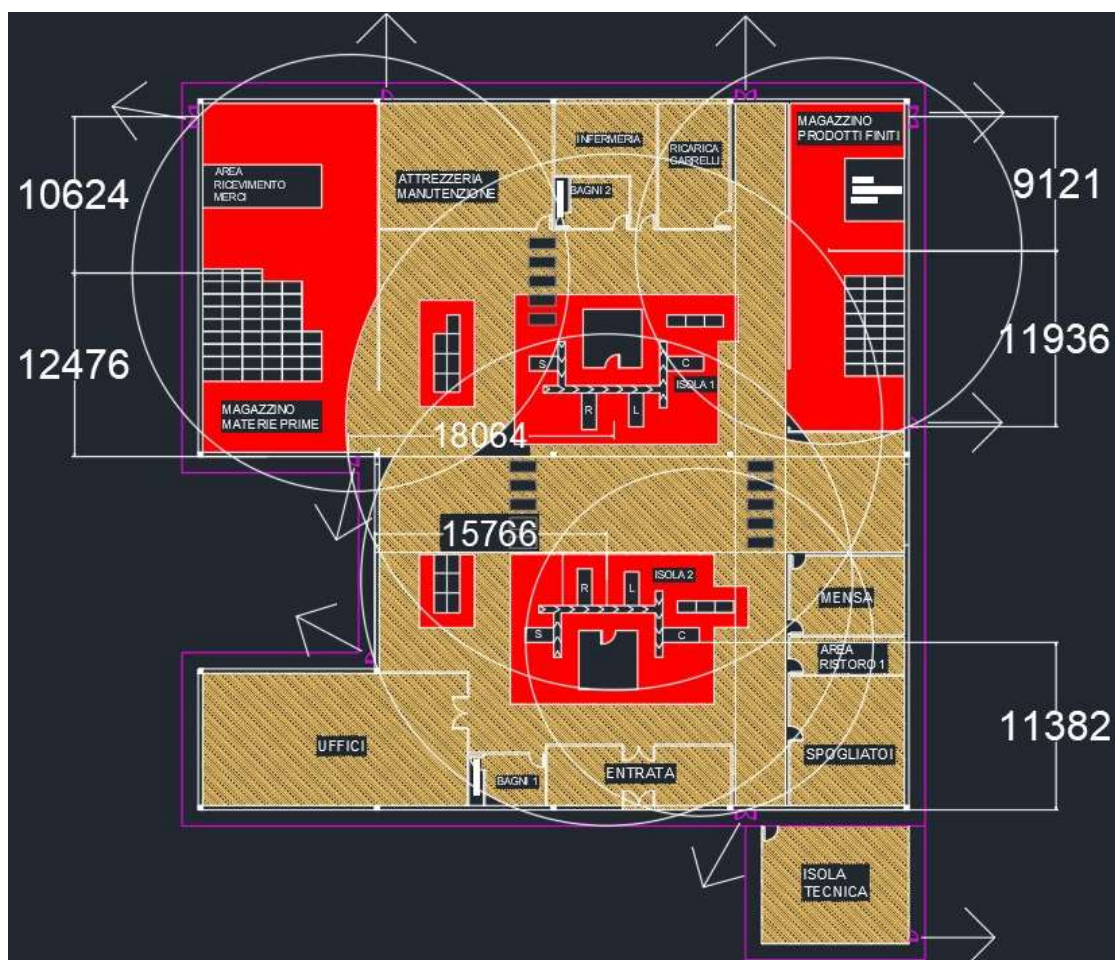


Figura 19. Disposizione delle uscite di emergenza e relativo piano di evacuazione

UBICAZIONE DELLO STABILIMENTO NEL LOTTO FONDARIO

L'impianto industriale sorgerà su corso Allamano, nel comune di Rivoli (Torino).

Si è deciso di acquistare una superficie di terreno che copra lo stabilimento più un'ulteriore area destinata alla costruzione di strade per il raggiungimento dello stabilimento da parte dei fornitori e dei dipendenti; tale area comprende anche delle aree verdi, destinate ad un possibile futuro ampliamento. Tale terreno ha una superficie totale di **12.641 m²**. In figura 20 è raffigurata l'ubicazione dello stabilimento all'interno del lotto fondiario assegnato.



Figura 20. Ubicazione dello stabilimento

Sul terreno acquistato sono state tracciate le strade, inserite in posizione tale da garantire la massima sicurezza e la massima efficienza per il carico-scarico merci che transitano per l'impianto. L'ingresso dei veicoli è situato a nord-ovest dello schema, mentre le uscite a nord-est. Il percorso di auto e camion è differenziato: essi presentano soltanto l'ingresso e l'uscita in comune. Infatti, mentre i camion TEU entrano e finiscono nelle banchine a nord dell'impianto, le auto proseguono il percorso verso la parte inferiore del lotto, in cui sono collocati i parcheggi. Si precisa inoltre che la strada di competenza dei camion è stata sovradimensionata (come si evince dalla figura), per far sì che i camion abbiano un ampio spazio per effettuare manovre per accedere alle banchine del magazzino MP e PF e poi uscire.

Inoltre, si precisa che a nord-ovest, poco prima della localizzazione dello stabilimento, è presente una rotonda: quest'ultima permette un agevole raggiungimento dell'impianto da tutte le direzioni. Infine, è stato calcolato il rapporto di copertura con la seguente formula:

$$\text{Rapporto di copertura} = \frac{\text{Sup. costruita}}{\text{Sup. totale disponibile}}$$

La superficie totale disponibile risulta essere di circa 215.350 m², mentre quella acquistata è, come detto in precedenza, di 12.641 m². Di conseguenza, il rapporto di copertura risulta essere circa pari al 6%, il quale risulta essere nettamente inferiore al 70% da rispettare.

COSTO TOTALE DELL'INVESTIMENTO

Costo di acquisto del terreno

L'area totale necessaria è pari a **12.641 m²**. Il terreno è acquistato ad un prezzo di 310 €/m²; perciò, il costo di acquisto totale del terreno risulta essere pari a **3.918.710 €**.

Costo di costruzione dell'edificio industriale

Il costo totale di costruzione dell'impianto industriale è stato calcolato moltiplicando la superficie totale dell'edificio industriale, pari a 2240 m², per il prezzo unitario presente nell'allegato 1 (920 €/m²). Si ottiene un costo totale pari a **2.060.800 €**.

Costo degli impianti generali dell'edificio

Il costo degli impianti generali dell'edificio comprende l'impianto di trattamento dell'aria e di riscaldamento, l'impianto dell'acqua industriale e potabile, l'impianto antincendio, l'impianto elettrico e l'illuminazione.

Considerando un prezzo di 360 €/m² (cfr. Allegato 1) e tenendo in considerazione l'area dell'edificio industriale, si ottiene un costo pari a **806.400 €**.

Costo totale dei macchinari

Per il costo dei macchinari, si riporta la seguente tabella, basata sui prezzi presenti nell'Allegato 1:

| | prezzo unitario [€] | quantità | totale [€] |
|---|---------------------|----------|----------------|
| Macchinari/gruppi di produzione | | | |
| Gruppo di svolgimento e saldatura ad ultrasuoni | 55.000 | 2 | 110.000 |
| Gruppo di ribaltamento e smistamento | 10.000 | 2 | 20.000 |
| Gruppo di applicazione laccetti | 25.000 | 2 | 50.000 |
| Gruppo di confezionamento scatole | 20.000 | 2 | 40.000 |
| TOT | | | 220.000 |

Costo scaffalature e pedane in legno

Per il costo delle scaffalature e delle pedane, si riporta la seguente tabella, basata sui prezzi presenti nell'Allegato 1:

| | prezzo unitario [€] | quantità | totale [€] |
|---------------------|---------------------|----------|--------------|
| Scaffalature | | | |
| Magazzino MP | 70 | 90 | 6.300 |
| Magazzino PF | 70 | 32 | 2.240 |
| Pedane in legno | 30 | 48 | 1.440 |
| TOT | | | 9.980 |

Si specifica che il calcolo del numero delle pedane in legno è stato calcolato sulla capacità di stoccaggio dei prodotti finiti aumentata del 50%.

Costo banchine

Per il costo delle banchine, si riporta la seguente tabella, basata sui prezzi presenti nell'Allegato 1:

| | prezzo unitario [€] | quantità | totale [€] |
|-----------------|---------------------|----------|------------|
| Banchine | | | |
| Banchine MP | 3.500 | 2 | 7.000 |
| Banchine PF | 3.500 | 2 | 7.000 |
| TOT | | | 14.000 |

Costo portoni e porte di sicurezza

Per il costo dei portoni e delle porte di sicurezza, si riporta la seguente tabella, basata sui prezzi presenti nell'Allegato 1:

| | prezzo unitario [€] | quantità | totale [€] |
|---------------------|---------------------|----------|------------|
| Porte | | | |
| Portoni industriali | 9.300 | 2 | 18.600 |
| Porte di sicurezza | 2.800 | 13 | 36.400 |
| TOT | | | 55.000 |

Costo dei sistemi di movimentazione interna

Per il costo dei sistemi di movimentazione interna, si riporta la seguente tabella, basata sui prezzi presenti nell'Allegato 1:

| | prezzo unitario [€] | quantità | totale [€] |
|---|---------------------|----------|------------|
| Sistemi di movimentazione interna | | | |
| Transpallet manuale | 800 | 4 | 3.200 |
| Carrelli a forche (h sollevamento 3 mt) | 25.400 | 2 | 50.800 |
| Trasportatori (nastro) a catene motorizzati | 2.500 | 30.8 | 77.000 |
| Braccio robotizzato | 16.000 | 2 | 32.000 |
| TOT | | | 163.000 |

Si specifica che nel calcolo del costo dei trasportatori a catene motorizzati il prezzo unitario indicato è €/m e che i 30.8 sono metri, i quali sono stati misurati sul layout con il software Autocad sommando la lunghezza dei nastri su entrambe le isole.

Il costo totale finale risulta essere pari a **7.247.890 €**.